

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
katedra fyzické geografie a geoekologie

Studijní program: Geografie
Studijní obor: Geografie a kartografie



Ondřej Brambus

**VLIV JEVU EL NIÑO / JIŽNÍ OSCILACE NA KLIMA
NOVÉHO ZÉLANDU**

**EFFECTS OF THE EL NIÑO / SOUTHERN OSCILLATION ON
THE CLIMATE OF NEW ZEALAND**

Bakalářská práce

Praha 2013

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Radan Huth, DrSc.

Poděkování:

Na tomto místě bych chtěl poděkovat svému školiteli RNDr. Radanu Huthovi, DrSc. za odborné vedení, pomoc při zpracování a korekcích práce.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 18. 5. 2013

Ondřej Brambus

Obsah

Abstrakt.....	4
1 Úvod.....	5
2 Cíle práce.....	6
3 El Niño: dokonalá souhra atmosféry a oceánu.....	7
3.1. Definice El Niño.....	7
3.1.1. Definice dle Michaela H. Glantze.....	7
3.2. Jak vzniká El Niño.....	8
3.2.1. Walkerova cirkulace.....	8
3.2.2. Rozpad Walkerovy cirkulace při nástupu El Niña.....	10
3.2.3. Jižní oscilace a ENSO.....	11
3.2.4. El Niño a La Niña jako „normální jevy“.....	12
3.3. El Niño regiony.....	13
3.4. Kvantitativní určení událostí El Niño a La Niña.....	15
4 El Niño a jeho dopady na počasí Nového Zélandu.....	16
4.1 Ovlivňuje ENSO počasí středních zeměpisných šířek?.....	16
4.2 Jádrové regiony ovlivnění.....	17
4.3 Teplotně srážkové variability v závislosti na SOI.....	18
4.4 Přítok vody do jezer Nového Zélandu v závislosti na SOI.....	20
4.5 Trans-Polar Index.....	22
4.5.1. Rekonstrukce STPI pomocí dendrochronologie.....	24
4.6 SST a její vliv na klima Nového Zélandu.....	26
4.7 Shrnutí nejdůležitějších výzkumů.....	28
5 Korelace teplotních a srážkových dat se SOI.....	30
5.1 Cíle výzkumu.....	30
5.2 Data a jejich zpracování.....	30
5.3 Výsledky grafického porovnání teplot.....	34
5.4 Výsledky grafického porovnání srážek.....	35
5.5 Roční amplitudy teplot ve vztahu k SOI na Cape Reinga.....	36
5.6 Diskuze výsledků a závěr.....	38
6 Závěr.....	39
7 Seznam použité literatury.....	40

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá klimatickým jevem El Niño, Jižní Oscilací (Southern Oscillation), jejich interakcí (ENSO) a dopadem ENSO procesů na klima Nového Zélandu. Práce je rozdělena na tři hlavní části. První z nich (kapitola 3) se zabývá vysvětlením terminologie, obecných zákonitostí a podmínek, za kterých El Niño vzniká. Druhá část (kapitola 4) pak shrnuje nejdůležitější výzkumy týkající se dopadů ENSO procesů na klima Nového Zélandu. V této části jsou popsány jak čistě meteorologické a klimatologické výzkumy, tak zároveň výzkumy hydrologické či dendrochronologické. Poslední část (kapitola 5) je věnována mému výzkumu, který se zabývá dopady změn SOI (Southern Oscillation Index) na teploty a srážky Nového Zélandu. Při událostech El Niño se zdá být roční amplituda teploty v severní části severního ostrova Nového Zélandu vyšší než při událostech La Niña. K tomuto závěru jsem dospěl pomocí korelace SOI s daty teplot. Dopady kolísání SOI na proměnlivost srážek můj výzkum nepotvrdil.

Abstract

The climatic phenomena El Niño, Southern Oscillation (SO), their interaction (ENSO) and effects of ENSO on the climate of New Zealand is investigated in this bachelor's thesis. The thesis is divided into three parts. The first one (chapter 3) explains the terminology, general connections and conditions favorable for origination of an ENSO event. The second part (chapter 4) summarizes the main research related to ENSO effects on the climate of New Zealand. In this part not only meteorological and climatological studies are mentioned, but also hydrological or dendrochronological studies. The last part (chapter 5) is based on my research which examines influences in SOI (Southern Oscillation Index) changes to temperature and precipitation variables in New Zealand. During El Niño events the yearly temperature amplitude in Northern part of North Island of New Zealand tends to be bigger than the amplitude during La Niña events. This conclusion is based on correlation analysis between SOI and temperature datasets. Impact of SOI changes on precipitation variability was not confirmed.

1 Úvod

Od dob, kdy jihoameričtí námořníci poprvé popsali jev El Niño, uplynulo již mnoho let. Tyto roky nás však v mnohém velmi obohatily. Od původního lokálního pohledu na tento jev, kdy se za El Niño považovalo pouze ohřívání vod u západního pobřeží Jižní Ameriky, jsme se dostali až ke globálnímu pohledu, kdy pod pojmem El Niño chápeme celý komplex procesů. A to procesy probíhající téměř v celém Tichém oceánu, ale i v přiléhající atmosféře. Zároveň vědecké poznání týkající se dopadů tohoto jevu na různá místa naší planety dosáhlo velkého pokroku. Od úhynu ryb a mořských ptáků podél pobřeží Peru a Ekvádoru jsme se dostali k proměnlivosti klimatu na celé zeměkouli. Vědci objevili, že El Niño má vliv na výskyt sucha, nebo naopak záplav, a to téměř po celém světě. El Niño ale také ovlivňuje chování lidí a zvířat a jejich zdraví. Zároveň je díky ničivým následkům v zájmu vlád a politických představitelů mnoha zemí.

I přes obrovské úspěchy, které byly v souvislosti s výzkumem El Niña dosaženy, není zdaleka vše objasněno. Předpověď intensity a data nástupu příští události je stále velmi nepřesná. Žádná událost není stejná, a proto každé nové El Niño vědce vždy více či méně překvapí (Glantz 2001). I když jsou již vysledované určité zákonitosti, neznamena to, že se nové El Niño těmito zákonitostmi bude řídit. Příští El Niño se může vyvinout rychleji než to předcházející, nebo v jiné části roku. Stejně tak dopady na klima v jednotlivých částech světa nejsou jednotné a u jednotlivých událostí se mohou lišit (Glantz 2001). V některých oblastech je vliv jevu El Niño na místní klima téměř nezpochybnitelný, ale jsou také oblasti, kde není doposud zcela jasné, zda je proměnlivost lokálního klimatu ovlivněna jevem El Niño či nikoli.

El Niño/Southern Oscillation (ENSO) je jev považovaný za nejdůležitější známou příčinu meziročních variabilit klimatu na zemi (Ropelewski and Halpert 1987 in Diaz and Markgraf 2000). „Domácím hřištěm“ tohoto jevu je tropický Pacifik v celé své šíři. Nový Zéland se sice nenachází v tropech, ale je omýván stejnými vodami, které se periodicky ohřívají a způsobují tak komplexní jev jako El Niño. I přes tuto geografickou blízkost, kterou Nový Zéland k dějišti ENSO událostí má, není obecně vlivům ENSO na klima Nového Zélandu věnována přílišná pozornost.

2 Cíle práce

Svou práci jsem rozdělil na tři hlavní části. Cílem první části (kapitola 3) je poskytnout čtenáři základní informace o jevu El Niño a vysvětlit rozdíly v terminologii. Řada termínů totiž není používána jednotně ani ve vědecké sféře, natož v médiích. Jaký je rozdíl mezi ENSO a El Niño? Při jaké intenzitě můžeme již hovořit o El Niňu a kdy jde ještě o „normální“ podmínky? Jak vlastně oceán a atmosféra interagují? Na tyto a podobné otázky se pokusím odpovědět právě v první části.

V druhé části (kapitola 4) se zabývám dosavadními vědeckými poznatky a výsledky výzkumů týkajících se vlivů ENSO na klima Nového Zélandu. Dosahují vůbec projevy ENSO procesů až do mírných šířek? Jsou ENSO dopady na klima Nového Zélandu významné či marginální? Je nějakým způsobem ovlivněno vzdušné proudění přes území Nového Zélandu? Liší se říční průtok či teplota mořské vody okolo Nového Zélandu při různých ENSO fázích? Z celé řady studií jsou ve druhé části vybrány právě ty, které podávají odpovědi na výše položené otázky.

V poslední části (kapitola 5) se pokouším verifikovat vědecké poznatky získané z rešerše v kapitole 4. Pomocí korelace klimatických dat teplot a srážek z Nového Zélandu s databází Southern Oscillation Index (SOI) se snažím vysledovat proměnlivost v chodu teplot a srážek. Je z průběhu teplot jasně patrný příchod El Niña či La Niña? Liší se srážkové úhrny v jednotlivých ENSO cyklech? Je ovlivněna roční amplituda teploty chodem SOI?

Celkovým cílem této práce je přinést jasnou, ucelenou a pro laika srozumitelnou informaci o jevu El Niño a jeho dopadech na Nový Zéland a zároveň objevit některé zákonitosti v proměnlivosti klimatu Nového Zélandu související s chodem Jižní Oscilace.

3 El Niño: dokonalá souhra atmosféry a oceánu

Než přistoupíme k problematice konkrétních dopadů, ujasněme si nejprve, co je El Niño, La Niña, Jižní oscilace (Southern Oscillation), ENSO, Southern Oscillation Index (SOI), a jak spolu tyto jevy souvisejí. Také je důležité připomenout, jak se měří intenzita ENSO a v jaké části Tichého oceánu probíhají největší změny vázané na tento jev.

3.1. Definice El Niño

Ač je El Niño populárním slovem známým téměř po celém světě a určité povědomí o tomto jevu existuje i mezi širokou laickou veřejností, neexistuje v současné době jednoznačná a výstižná definice, která by postihovala jak kvalitativní tak kvantitativní stránky jevu a byla obecně platná. Hlavním důvodem je to, že poznatky o jevu El Niño se stále rozšiřují a vědecká obec má stále více a více informací, které však čas od času vyvrátí doposud objevené zákonitosti. „Ač každá událost El Niño poskytne vědcům více informací o jevu, než měli předtím, jsou nuceni si uvědomit, že El Niño skládáčka je větší než se domnívali“ (Glantz 2001). Přestože v současné době stále neexistuje žádná konečná definice, Kevin E. Trenberth (1997) uvádí: ... „definice se stále vyvíjí a v každém případě je nezbytné brát v potaz pestrost tohoto jevu. Pokud je potřeba definice, pak ta navržená Glantzem (viz dále) by měla být uvedena v platnost, přestože není kvantitativní“. Existuje však celá řada definic, a to i definic kvantitativních. Poněvadž je každá událost El Niño jiná a má jiné dopady, nedá se žádná používat dogmaticky. Různé definice se méně či více hodí pro různé oblasti a účely. „Preciznosti může být dosaženo pouze tím, když bude při každém použití uvedeno, s jakou definicí autor pracuje. A to je jediné, co se dá v každém případě doporučit ke snížení možnosti nedorozumění“ (Trenberth 1997).

3.1.1. Definice dle Michaela H. Glantze

Michael H. Glantz uvádí ve své knize „Currents of Change“ z roku 1996 (2. vydání 2001) 6 významů jako definici pojmu El Niño. Tato definice by měla být používána ve slovnících. **El Niño:** *1. Ježíšek, 2. Jméno dané peruánskými námořníky sezónnímu, teplému, jižně se pohybujícímu proudu podél Peruánského pobřeží < la corriente de El Niño >, 3. Jméno dané příležitostnému přísunu neobvykle teplých vod do oblasti s normálně chladnější vodou (oblast výstupných proudů) podél Peruánského pobřeží narušující místní rybí a ptáčí populace. 4. Jméno dané celo-pacifickému*

vzestupu, jednak povrchových teplot mořské vody ve středním a/nebo východním rovníkovém Pacifiku, a atmosférického tlaku přepočítaného na hladinu moře (Jižní Oscilace). 5. Používáno zaměnitelně s pojmem ENSO (El Niño Southern Oscillation), který popisuje celo-pacifické změny vzájemného působení vzduch-moře v oblasti rovníkového Pacifiku. 6. ENSO teplá událost. **Španělsky:** *el fenómeno de El Niño*, **synonymum:** *teplá událost*, **antonymum:** *La Niña* (španělsky holčička), *chladná událost*, *ENSO chladná událost*, *non-El Niño rok*, *anti-El Niño*, *anti-ENSO* (pejorativní), *El Viejo* (španělsky stařec).

3.2. Jak vzniká El Niño

3.2.1. Walkerova cirkulace

Ať už budeme na El Niño nahlížet jako na teplý proud podél peruánského pobřeží, nebo jako na celo-pacifický jev, mechanismus vzniku je totožný. Připomeňme si nejprve, jaké fyzicko-geografické podmínky panují v oblasti Pacifiku za normálních (non-El Niño) podmínek. Atmosféra s oceánem zde vzájemně interagují a vytvářejí dokonalou cirkulaci. Tuto cirkulaci zkoumal již v první polovině 20. století Sir Gilbert Thomas Walker, proto byla později Jacobem Bjerknesem pojmenována Walkerova cirkulace.

V západní části Pacifiku v oblasti Indonésie, Filipín a severní Austrálie (dále jen oblast Indonésie) se díky masivnímu slunečnímu záření a poloze mořských proudů nachází oblast teplé oceánské vody. Jedná se o nejteplejší oceánskou vodu na světě s rozlohou přibližně jako vnitrozemské USA (Glantz 2001). Teplá povrchová vrstva vody ohřívá přiléhající vrstvu vzduchu, což způsobí pokles jeho hustoty, následné výstupné pohyby a vznikne tím oblast nízkého tlaku vzduchu. Teplý, vlhký vzduch stoupá k horní hranici troposféry, přičemž vzniká mohutná srážková konvektivní oblačnost. Právě tento proces způsobuje vydatné srážky a relativně stálou polohu tlakové níže v oblasti Indonésie.

U horní hranice troposféry (a někdy i v tropopauze) se však proud vzduchu nezastaví, ale je díky tlakovým rozdílům přesouván směrem na východ nad oblast západního pobřeží Jižní Ameriky. Tento tlakový gradient je dán faktem, že nad tlakovou níží (oblast Indonésie) bývá ve vyšších hladinách vyšší atmosférický tlak a nad tlakovými výšemi (západní pobřeží Jižní Ameriky) naopak tlak nižší. Původně teplý, vlhký vzduch již většinu své vlhkosti ztratil díky srážkám v oblasti západního Pacifiku a

při svém pohybu na východ se navíc stále ochlazuje a postupně klesá k zemskému povrchu, kterého obvykle dosáhne právě v oblasti východního Pacifiku a západního pobřeží Jižní Ameriky, a vytváří zde oblast vysokého tlaku vzduchu.

V přízemních vrstvách atmosféry však nesmíme zapomínat na interakci atmosféry s jinými sférami, a to zejména s oceánem. Tlaková výše ve východním Pacifiku je totiž ovlivněna (ne-li přímo podmíněna) studeným Peruánsko-Chilským (nebo také Humboldtovým) proudem. Studené vody tohoto proudu neohřívají přiléhající vzduch tolik, jako v oblastech teplých vod, proto je vzduch nad Humboldtovým proudem chladnější a má větší hustotu než vzduch okolní, což vede k vytvoření oblasti vysokého tlaku vzduchu a k blokaci tvorby konvektivní oblačnosti. Dle základních fyzikálních zákonů se však nemůže vzduch nikde hromadit, proto proudí dále. Tentokrát je na řadě kromě slunečního záření ještě zemská rotace. Právě zemská rotace (a potažmo Coriolisova síla) způsobuje, že v rovníkovém Pacifiku vanou silné východní větry. Přesněji řečeno na severní polokouli vanou převládající větry ze severovýchodu směrem k rovníku a na jižní polokouli z jihovýchodu směrem k rovníku. Tyto větry se v češtině nazývají pasáty a v angličtině „trade winds“. Pasáty jednak uzavírají celý koloběh Walkerovy cirkulace, ale mají ještě řadu dalších dopadů, a to zejména na druhého člena interakce vzduch-voda tedy na oceán. Silné východní větry způsobují rozšíření jazyku studené vody Humboldtova proudu od západního pobřeží Jižní Ameriky, kolem Galapág až do středního rovníkového Pacifiku, kde se mísí studená voda Humboldtova proudu s teplými vodami Jižního rovníkového proudu a společně putují dále na západ, při čemž se více a více ohřívají.

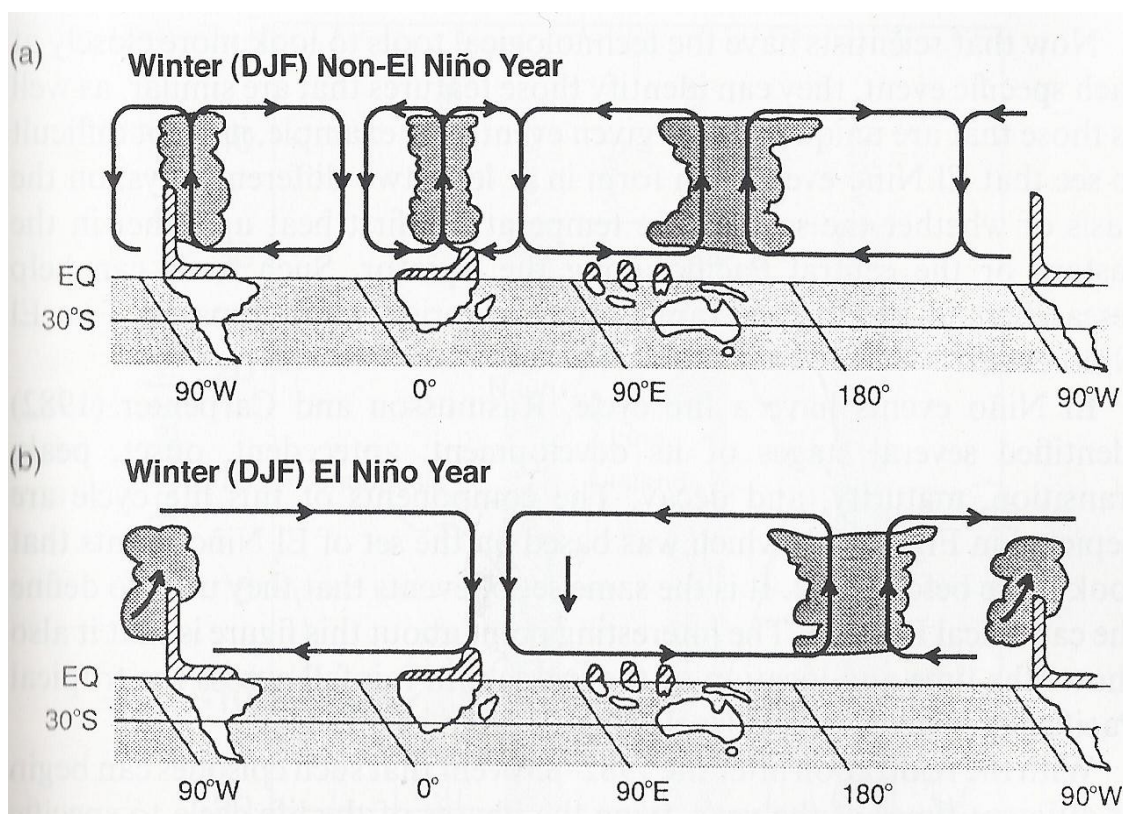
Teplota oceánské vody má jednak svoje klimatické dopady (viz výše), ale také biologické. Chladná voda Humboldtova proudu není jenom povrchovou vodou putující od Antarktidy, ale obsahuje i hlubinnou vodu, která se na povrch dostává po celé délce cesty Humboldtova proudu (také díky pasátům, které „odfoukávají“ povrchovou vodu k západu a vytvářejí tak jakýsi podtlak, který nasává studenou vodu z hloubky). Tento jev, kdy se na povrch dostává chladná voda z hloubek oceánu, se v angličtině nazývá upwelling a má obrovský přínos pro celé ekosystémy. Díky výstupným proudům se do povrchové vrstvy oceánu dostává řada chemických látek, které jsou fotosyntézou přeměněny na živiny pro fytoplankton, který je základem mořského potravního řetězce (Glantz 2001). Fytoplankton a zooplankton totiž dále slouží jako potrava pro celou řadu ryb a mořských živočichů. Ryby jsou pak hlavní potravou mořských ptáků a zároveň cílem nespočtu rybářských lodí.

Díky výstupným proudům dochází také k intenzivnímu promíchávání hlubinné a povrchové vody, což způsobuje, že v těchto oblastech se termoklina (oblast prudké změny teploty) nachází velmi blízko pod hladinou. Díky převládajícím východním větrům je naopak do západního Pacifiku teplá voda „natlačována“, což způsobuje hromadění teplé vody, vyšší mořskou hladinu až o několik desítek centimetrů než na východě a pokles termokliny až do hloubky kolem 200 metrů (Glantz 2001).

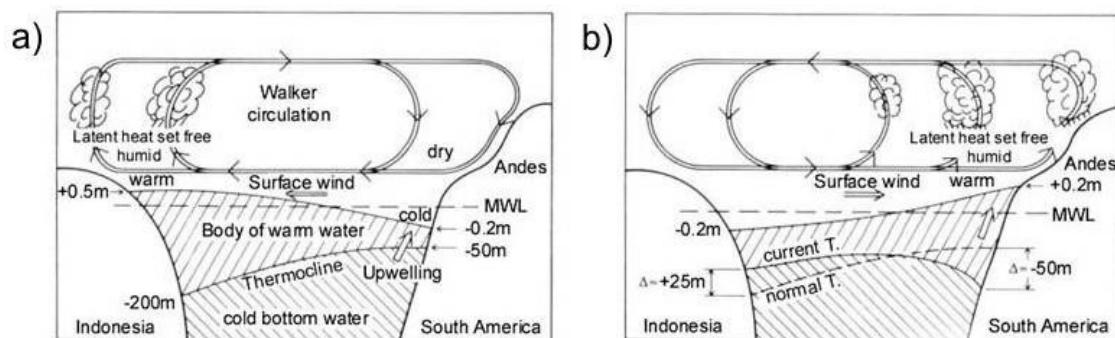
3.2.2. Rozpad Walkerovy cirkulace při nástupu El Niña

V předchozí kapitole jsme si popsali, jak vypadá cirkulace v atmosféře a oceánu za „normálních“ (non-El Niño) podmínek. Ve chvíli, kdy nastoupí El Niño začne se odehrávat celá řada změn významně měnících celou cirkulaci, a tím i počasí okolních (ale i vzdálených) oblastí. Samotná příčina nástupu El Niña není zatím zřejmá, proto musíme začít s popisem až od faktů, které sice můžeme pozorovat, ale jejich příčinu stále nedokážeme konkrétně vysvětlit. Takovým faktem je v první řadě zahřátí povrchové vrstvy vody ve středním Pacifiku a přesun dlouhodobé tlakové níže z oblasti Indonésie do středního Pacifiku do oblasti kolem ostrova Tahiti. Tímto přesunem dojde zároveň k posunutí Walkerovy cirkulační buňky. Výstupné proudy doprovázené konvekcí a srážkami se přesunou z oblasti Indonésie do středního až východního Pacifiku a sestupné proudy zabraňující tvorbě konvekce, a naopak podporující sucha, se přesunou do oblasti Indonésie (viz obr. 1).

Tento posun dlouhodobých tlakových útvarů vyvolá zároveň slábnutí pasátů, které za „normálních“ podmínek přesouvají chladnou oceánskou vodu od Peruánského pobřeží dále na západ. Oslabení a někdy dokonce otočení pasátů tím pádem ještě více umocní ohřívání povrchové vody ve středním a východním Pacifiku. Výstupné proudy podél západního pobřeží Jižní Ameriky ztrácí na síle a chladná hlubinná voda se přestává dostávat k povrchu. Při události El Niño se v podstatě teplá povrchová voda přelévá od západu k východu. Na západě tím pádem poklesne mořská hladina a na východě stoupne. Analogicky se pak termoklina v západním Pacifiku přiblíží k mořské hladině, zatímco na východě se zanoří (viz obr. 2).



Obr. 1: Schématické znázornění Walkerovy cirkulace za (a) „normálních“ podmínek a za (b) El Niño podmínek v měsících prosinec, leden a únor (DJF) (WMO 1984 in Glantz 2001)



Obr. 2: Poloha mořské hladiny, termokliny a atmosférické cirkulační buňky nad rovníkovým Pacifikem za a) Non-El Niño podmínek a při b) El Niño podmínkách (upraveno dle Madl 2000).

3.2.3. Jižní oscilace a ENSO

K vysvětlení pojmu Jižní oscilace (Southern Oscillation) je potřeba podívat se trochu podrobněji na výše zmiňované tlakové útvary. Již jsem uvedl, že v oblasti Indonésie a severní Austrálie se při „normálních“ podmínkách nachází tlaková níže a v oblasti středního a východního Pacifiku naopak tlaková výše. Při El Niño podmínkách pak dojde téměř zrcadlově k výměně polohy těchto útvarů. Sir Gilbert Walker odhalil

tuto zákonitost již ve 20. letech 20. století, a to díky pozorování hodnot atmosférického tlaku v Darwinu (Austrálie), na ostrově Kanton (Kiribati) a v Santiago de Chile. V pozdější době bylo objeveno, že nejlépe vzájemně korelují hodnoty tlaku v australském Darwinu s hodnotami tlaku na Tahiti (Francouzská Polynésie). To znamená, že pokud v oblasti Darwinu vzroste atmosférický tlak, s poměrně vysokou pravděpodobností poklesne v oblasti Tahiti a naopak. Díky této velmi dobré korelaci byl vytvořen index Jižní oscilace, který se nazývá SOI (Southern Oscillation Index). Tento index se počítá jako rozdíl atmosférického tlaku na Tahiti a v Darwinu (Tahiti mínus Darwin). Je tedy lehce představitelné, že pokud je nízký tlak v oblasti Darwinu a vysoký tlak v oblasti Tahiti je tedy SOI kladný a hovoříme o „normálních“ či La Niña podmínkách. Pokud je v oblasti Darwinu výrazně vyšší tlak než na Tahiti, SOI je záporný, a hovoříme o El Niño podmínkách.

Jev, který v sobě spojuje periodické kolísání atmosférického tlaku a změny v teplotě povrchové vrstvy vody, se souhrnně nazývá El Niño Southern Oscillation, nebo zkráceně ENSO. Tento pojem je však používán zejména vědeckou komunitou a běžně je zaměňován s pojmem El Niño. Tato nejednotnost je způsobena zejména historickým vývojem úrovně poznání jevu a pestrostí projevů a dopadů ENSO na ekosystémy a lidskou společnost.

3.2.4. El Niño a La Niña jako „normální jevy“

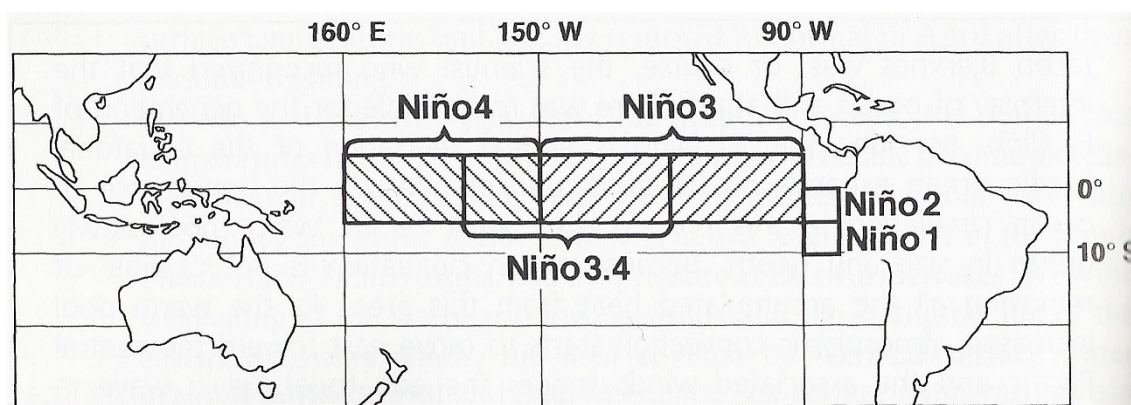
Nemůžeme však tvrdit, že pokud je SOI kladný jde o La Niña a pokud je záporný jde o El Niño. Musíme si uvědomit, že pohyb tlakových útvarů, a tím i změny v hodnotách atmosférického tlaku, jsou přirozeným procesem na celé zeměkouli. Extrémy tohoto přirozeného kolísání s sebou nesou charakteristické změny počasí, které v našem případě nazýváme právě El Niño a La Niña. Hranice, kde začíná onen extrém, není prozatím definitivně stanovena, proto se i délka a počet událostí El Niño/La Niña vyskytujících se v historii liší. Období mezi jednotlivými extrémy je pak označováno jako období s „normálními“ podmínkami. Slovo normální dávám do uvozovek z toho důvodu, že normální je celá oscilace a ne jen její střed. El Niño či La Niña jsou taktéž „normální“ a přirozenou součástí a nelze na ně tedy nahlížet jako na abnormální situace. Média však tento fakt často opomíjejí a berou příchod El Niña či La Niña jako narušení přirozených podmínek globálního klimatu. Bude ještě asi nějaký čas trvat, než si média uvědomí, že El Niño a La Niña se střídají jako léto a zima. Stejně tak jako léto přechází

do zimy přes podzim (různě dlouhý, teplý či deštivý), El Niño přechází do fáze La Niña přes „normální“ podmínky. Zároveň klimatické dopady jednotlivých fází mají mnoho společného. Za tisíce až miliony let člověk vypožadoval, jaké počasí může čekat v létě a jaké v zimě. My teď v posledních stoletích objevujeme, jaké počasí můžeme čekat při El Niņu, La Niņě či přechodu mezi nimi. Jedním z mála rozdílů je, že v případě El Niņa se počasí nestřídá pravidelně po roce, ale více nepravidelně s periodou přibližně 3-7 let (Trenberth 2001).

3.3. El Niño regiony

Když se peruánští vědci na přelomu 19. a 20. století zabývali jevem El Niño, soustřeďovali se na abnormálně teplou vodu objevující se u peruánských břehů. Později se však ukázalo, že teplota povrchové vrstvy vody (SST – sea surface temperature) neroste pouze u peruánských břehů, ale téměř v celém středním a východním tropickém Pacifiku. Začala se proto povrchová teplota vody monitorovat. Nejdříve pomocí bójí a výzkumných lodí a v poslední době také pomocí družic. Postupně tak bylo vymezeno pět regionů, které jsou z nějakého pohledu významné pro určování nástupu a vývoje El Niņa (viz obr. 3).

Tyto regiony jsou také důležité při kvantitativním definování jednotlivých událostí. Nárůst SST v jednom regionu nemusí odpovídat nárůstu SST v jiném regionu. Určování jednotlivých událostí je pak ovlivněno regionem, kde je nárůst či pokles teploty povrchové vrstvy vody zkoumán. Například v regionu Niño1 a Niño2 (podél západního pobřeží Jižní Ameriky) se v první polovině 90. let měřeními SST odhalily tři období zvýšené teploty povrchové vody (na začátku 1992, na začátku 1993 a na konci 1994), zatímco teplotní anomálie z regionu Niño4 (západní rovníkový Pacifik) se držely nad normálem od konce 1989 až do začátku 1995. Vědci, monitorující region Niño4



Obr. 3: El Niño regiony v tropickém Pacifiku (Glantz 2001)

pak můžou tvrdit, že na začátku 90. let jsme zažili jedno dlouhé El Niño, zatímco vědci monitorující regiony Niño1+2 věří, že se v tomto období objevily tři slabší události El Niño (Glantz 2001).

Každý region má svůj význam a poskytuje nám specifické informace. Níže jsou popsány základní vlastnosti jednotlivých regionů dle Glantze (2001). „W“ značí západní zeměpisné délky, „S“ značí jižní zeměpisné šířky, „E“ značí východní zeměpisné délky a „N“ značí severní zeměpisné šířky.

Region **Niño1** (80°-90° W, 5°-10° S) je region vyskytující se u Peruánského pobřeží, a to právě v místech, kde byl jev poprvé pozorován. Jedná se o oblast chladných výstupných proudů a významnou oblast peruánského rybářského průmyslu. Region **Niño2** (80°-90° W, 0°-5° S) se také nachází v oblasti chladných výstupných proudů, ale poněkud severněji v oblasti kolem Galapág. Oba tyto regiony jsou velmi citlivé na atmosférické i oceánické změny, a to jak na změny sezónní, tak i na změny během událostí El Niño. Podávají tak dobrou informaci i o drobnějších odchylkách v povrchové teplotě vody. Region **Niño3** (90°-150° W, 5° N - 5° S) nacházející se ve středním rovníkovém Pacifiku je poměrně citlivý na projevy El Niño, ale už méně na sezónní změny. Ohřátí povrchové vrstvy vody v tomto regionu výrazně ovlivňuje globální klima (Cane 1991 in Glantz 2001), proto byl v 90. letech používán jako klíčový region pro hlavní předpovědní model (takzvaný Cane and Zebiak model). Region **Niño4** (150° W - 160° E, 5° N - 5° S) je region, který již částečně zasahuje do výše zmiňované oblasti teplé vody v oblasti Indonésie. Při událostech El Niño zde dochází jen k nepatrné, přesto však významné, změně (ochlazení) povrchové teploty vody. Tato malá změna má ale velké důsledky pro rozmístění tlakových útvarů a tvorbu srážek. Posledním používaným regionem je **Niño3.4** (120°-170° W, 5° N - 5° S). Jde o relativně nově vymezený region, který v sobě zahrnuje část regionu Niño3 a regionu Niño4. Protože jsou hodnoty pro region Niño3.4 široce rozšířené, používáme tyto hodnoty a hodnoty z Niño3 k hodnocení událostí po roce 1950 (Trenberth 1997). Existují však i další regiony. Region Niño3.5 (120°-180°W, 5°N – 10°S) byl například navržen autory Trenberth a Hoar (1996), protože významné odchylky teplot se odehrávají na větší ploše, než zahrnují ostatní regiony. Autoři pojmenovali tento region jako klíčový region pro ENSO procesy. Přesto však většina autorů používá v dnešní době zejména region Niño3.4.

3.4. Kvantitativní určení událostí El Niño a La Niña

El Niño regiony mají svůj velký význam při určování intensity, délky, ale i počtu jednotlivých událostí. K určování jednotlivých událostí se používá nejčastěji SOI nebo hodnoty odchylek SST. Například tedy když teplota povrchové vrstvy vody vzroste v určité oblasti o několik stupňů a zůstane v tomto ohřátém stavu několik měsíců, můžeme říci, že jde o El Niño. Otázkou však je o kolik stupňů, v jaké oblasti a po jak dlouhou dobu. Za celá desetiletí výzkumu tohoto jevu tak vzniklo mnoho kritérií, jak určit, zda se jedná o El Niño, La Niña, či „normální“ podmínky. Při vybírání těch nejvhodnějších podmínek k definování události by mělo být nahlíženo na to, co je vědci či veřejností považováno za ENSO událost a co ne a zároveň musí být brány v potaz obě strany ENSO cyklu El Niño i La Niña. Trenberth (1997) použil k definování události hodnoty SST a určil, že ENSO událost nastane, když alespoň na 6 měsíců dojde k překročení prahu pětíměsíčních klouzavých průměrů. Při testování vhodné prahové hodnoty zvolil překročení o 0,3°C, 0,4°C a 0,5°C. U prahové hodnoty 0,5°C došlo k tomu, že bylo několik historických událostí rozbito na události dílčí, protože index spadl pod prahovou hodnotu na 1-2 měsíce. Pro hodnotu 0,3°C se zdá být trvání událostí naopak příliš veliké. Celkově nejlepších shod s historickými tvrzeními bylo dosaženo pro region Niño3.4 a prahovou hodnotu 0,4°C (Trenberth 1997).

Nemůžeme však tato čísla brát dogmaticky. Některé historicky popsané události nemusí být do seznamu zařazeny, protože jsou například kratší než šest měsíců. Některé události jsou pak ještě spornější, protože nelze jednoznačně určit, zda šlo o jedno dlouhé El Niño, nebo o několik kratších (viz kapitola 3.3). Existuje tak celá řada seznamů ENSO událostí, které se navzájem mohou lišit. Je proto nutné, si vždy pečlivě všimnout kritérií, která byla k definování událostí použita.

Pokud se podíváme podrobněji na odchylky SST v regionu Niño3.4 pro každý měsíc v období 1950-1997 a použijeme výše zmíněná kritéria (minimálně šestíměsíční překročení prahu 0,4°C), zjistíme, že El Niño nastalo ve 177 měsících z 567 (31 %) a La Niña ve 133 měsících (23 %). To znamená, že 55 % času se v tropickém Pacifiku vyskytovala některá ENSO událost (El Niño nebo La Niña) a pouze ve 45 % času můžeme hovořit o „normálních“, nebo lépe Non-El Niño podmínkách. Tyto výsledky však nejsou unikátní, protože při zaměření naší pozornosti např. na západní pobřeží J. Ameriky, dostaneme poněkud odlišná čísla (Trenberth 1997). Myslím, že bychom z těchto důvodů měli brát všechny kvantitativní výpočty jen jako pomocný nástroj k lepšímu pochopení ENSO procesů.

4 El Niño a jeho dopady na počasí Nového Zélandu

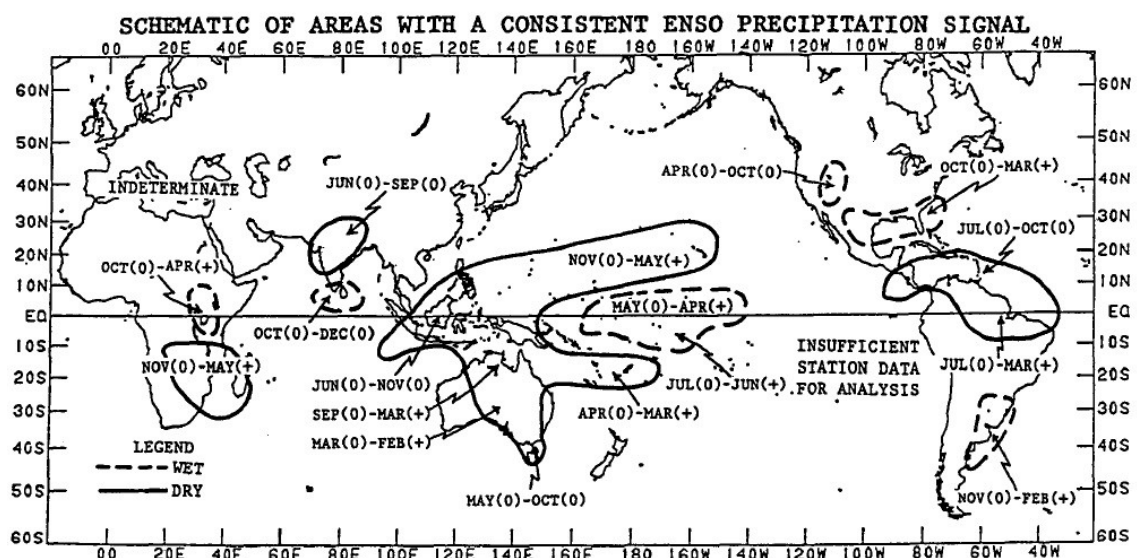
4.1 Ovlivňuje ENSO počasí středních zeměpisných šířek?

Již v úvodu jsem zmínil, že ENSO procesy probíhají zejména v rovníkovém Pacifiku. Mohli bychom tak nabýt přesvědčení, že nebudou mít žádný vliv na počasí Nového Zélandu. Na druhou stranu si však musíme uvědomit, že atmosféra s oceánem jsou jeden velký klimatický systém, kde se veškeré procesy navzájem ovlivňují. Nemusíme ani zabíhat do detailů efektu motýlího křídla, stačí si jen představit, jak se navzájem ovlivňují tlakové útvary v atmosféře, nebo mořské proudy v oceánu. S posunem tlakových útvarů pak dochází i k posunu klimatických atmosférických front (polární fronta, subantarktická fronta atd.) a zón konvergence, jako například ITCZ (Inter Tropical Convergence Zone), nebo SPCZ (South Pacific Convergence Zone), a tím může dojít ke změnám počasí i ve středních zeměpisných šířkách (Rasmusson and Carpenter 1982 in Ropelewski and Halpert 1987).

Určení míry ovlivnění klimatu středních a vyšších zeměpisných šířek procesy odehrávajícími se v tropech, však není tak jednoznačné. Například ve vyšších zeměpisných šířkách mohou být srážky ovlivněny i jinými faktory. Vlivy ENSO procesů tak mohou být mnohem proměnlivější (Ropelewski and Halpert 1987). Je také důležité zmínit, že není El Niño jako El Niño. Každá událost je vždy trochu jiná než ta předchozí. Rozdílná může být intenzita události, délka trvání, prostorový rozsah, periodicita atd. I při teoreticky stejných parametrech, však stejně nemůžeme s jistotou říci, že dopady ve vzdálených oblastech budou naprosto totožné. Někdy dochází k zahřátí nejdříve středního Pacifiku a jindy zase nejdříve Pacifiku východního. Důležité je si také uvědomit, že ne každý nárůst SST v tropickém Pacifiku musí vyústit v El Niño (Glantz 2001). Obdobné je to s intenzitou jednotlivých událostí. Dá se s určitou spolehlivostí říci, že čím silnější je událost, tím je větší pravděpodobnost dopadů i na vzdálených místech. Situace se však stává složitější, když začneme počítat i s dalšími oceány a atmosférickými cirkulacemi nad těmito oceány. V současné době nedokážeme zatím dobře rozlišit, zda nemohl být ohřev vody v jednom oceánu způsoben nějakými procesy v oceánu jiném. Stejně tak dopady ENSO procesů mohou být v jednom roce klíčovým hybatelem klimatických procesů ve vzdálených oblastech, ale o pár let později se vůbec nemusí projevit například díky odlišným fyzikálním vlastnostem jiného oceánu.

4.2 Jádrové regiony ovlivnění

Jedním z hlavních cílů vědců zabývajících se ENSO procesy je určení oblastí, které reagují na ENSO s vysokou mírou spolehlivosti. To znamená, že při nástupu El Niña či La Niña se v dané oblasti výrazně zvýší nebo sníží srážky či teploty (nebo oboje) oproti dlouhodobému průměru a po dobu několika měsíců tyto podmínky přetrvávají. Ropelewski a Halpert (1987) provedli podrobnou teplotně-srážkovou analýzu z více jak 1700 stanic po celém světě a prověřili možné souvislosti dat s událostmi ENSO. Dle řady kritérií pak určili oblasti, kde srážky reagují s poměrně vysokou mírou spolehlivosti na ENSO procesy (viz obr. 4).



Obr. 4: Schématické znázornění hlavních oblastí s pozměněnými srážkami souvisejícími s ENSO procesy (zde myšleno El Niño) založené na detailní analýze jádrových regionů. Plná čára značí sucha, přerušovaná vlhka (Ropelewski and Halpert 1987).

Bylo by však chybné nahlížet na tuto mapu jako na bezchybnou pomůcku k určování dopadů ve světě. Podíváme-li se například na západní pobřeží Jižní Ameriky (Peru a Ekvádor), vidíme, že tato oblast není zařazena mezi jádrové regiony ovlivnění. Pobřeží Peru a Ekvádoru je však známé silným ovlivněním ENSO procesy. Vždyť právě v této oblasti bylo El Niño poprvé popsáno. Tento fakt je způsoben nedostatkem staničních dat a krátkou pozorovací řadou. Dalším významným nedostatkem je fakt, že díky zvoleným metodám nemohly být do jádrových regionů zařazeny ty oblasti, které jsou sice silně ovlivněny ENSO procesy, avšak dopady se událost od události velmi liší. Takovou oblastí je například západní pobřeží USA, kde při El Niņu 1976 panovala sucha a při El Niņu 1982/83 naopak abnormální vlhko (Ropelewski a Halpert 1987).

Hranice těchto regionů může být také proměnlivá, což je významné právě v případě Nového Zélandu. Oblast s nedostatkem srážek rozkládající se severně od Nového Zélandu, se může při některých událostech rozšířit až do oblasti Nového Zélandu (Ropelewski a Halpert 1987). Gordon (1986) však shledává, že typické srážkové zákonitosti vztažené k ENSO procesům je na Novém Zélandu těžké definovat díky složité orografii a dalším místním a sezónním vlivům (Gordon 1986). Proto není Nový Zéland mezi jádrové oblasti zařazen.

Dle autorů Ropelewski a Halpert (1987) patří mezi jádrové regiony západní a střední rovníkový Pacifik, většina subtropické Austrálie, severní část Jižní Ameriky, východní rovníková Afrika a jižní Indie, Srí Lanka a přilehlé ostrovy. Nový Zéland mezi jádrové oblasti zařazen není, i když k ovlivnění klimatu ENSO procesy dochází. Je to zejména díky mnoha dalším vlivům, které brání jasnému přiřazení klimatické anomálie právě ENSO procesům.

4.3 Teplotně srážkové variability v závislosti na SOI

Autoři Ropelewski a Halpert (1987) nezařadili Nový Zéland mezi jádrové regiony. Neznamená to však, že souvislost mezi měnícím se indexem Jižní oscilace a meteorologickými proměnnými na Novém Zélandu neexistuje. Ba naopak. Neil D. Gordon (1986) objevil mnoho zákonitostí v rozložení tlakových útvarů, teplot a srážek právě v souvislosti se SOI. Práce N. D. Gordona z Novozélandské meteorologické služby je komplexní studií zabývajících se změnami meteorologických proměnných v meziročním chodu, ale zároveň změnami během jednotlivých ročních období.

Ač přízemní tlak zprůměrovaný přes celé území Nového Zélandu nejeví žádné souvislosti s chodem Jižní Oscilace (Gordon 1986), dochází ke změnám polohy tlakových útvarů právě v návaznosti na změny SOI. Tento přesun považují za klíčový faktor pro změnu podmínek v atmosféře obklopující Nový Zéland. Přesun tlakových útvarů s sebou totiž nese i změnu polohy oblastí tvorby srážek a v neposlední řadě změny proudění vzduchu. Tyto změny proudění vzduchu (v ročním průměru) si můžeme představit asi následovně. Při záporném SOI (El Niño podmínky) se nad územím Nového Zélandu vyskytuje anomální jihozápadní proudění a při kladném SOI (La Niña podmínky) anomální severovýchodní proudění (Gordon 1986). Jde však o roční průměr. Pokud bychom se zaměřili na jednotlivá roční období, najdeme ještě další drobné odchylky.

Změna směru větru s sebou nese i změnu místa původu vzduchových hmot

ovlivňujících Nový Zéland. Dochází tak k téměř poledníkovému transportu chladného (jihozápadního) nebo teplého (severovýchodního) vzduchu do oblastí, které jsou za normálních podmínek ovlivněny jinými vzduchovými hmotami. Není ani potřeba dokládat přesné výpočty, aby si člověk uvědomil, že přísun vzduchu z jihozápadu přináší na jižní polokouli obecně chladnější počasí a naproti tomu vzduch ze severovýchodu počasí teplejší. Tento proces tak přispívá ke kladné korelaci mezi SOI a teplotními odchylkami zprůměrovanými přes území Nového Zélandu. Na některých místech jsou však teplotní korelace slabé, např. na východě severního ostrova a na severu a východě jižního ostrova. Silnější jihozápadní proudění (vyvolané záporným SOI) totiž přináší chladnější vzduch na návětrné strany hor, ale na závětrí je vzduch zahříván díky fénovému efektu. Tudíž to samé proudění může přinést ochlazení v jedné části Nového Zélandu a v jiné naopak oteplení.

Srážky prostorově zprůměrované přes území Nového Zélandu mají slabší korelaci k SOI. Vztahy, které se objevují, mohou být výsledkem výrazné orografie, SOI, či souhry mnoha činitelů. Díky vlivu orografie by měl být SOI vztahován spíše ke srážkám na konkrétních místech, než ke srážkám na celém území Nového Zélandu. Jak autor výzkumu očekával, srážkové korelace kolísají více v regionálním měřítku.

Když se podíváme na sezónní proměnlivost, objevíme, že při záporném SOI se vyskytuje anomální jihozápadní proudění především během jara jižní polokoule (září-listopad) a na podzim (březen-květen). Při záporném SOI jsou právě v těchto obdobích průměrné teploty pod normálem. Situace, kdy je SOI kladný, je pak naprosto analogická s tím rozdílem, že se projevuje severovýchodní proudění a průměrné teploty jsou nad normálem.

Záporný SOI (El Niño podmínky) se během roku projevuje následovně: Na podzim (březen až květen) dochází k anomálnímu jihozápadnímu proudění, které přináší nadprůměrné srážky na jižní ostrov a jihozápadní část severního ostrova a podprůměrné srážky na severovýchod. V zimě (červen až srpen) se více projevuje jižní proudění. Jde o sušší vzduch, který způsobuje podprůměrné srážky na většině území Nového Zélandu. Na jaře (září až listopad) jsou výrazné korelace v severní polovině severního ostrova. Částečně je to důsledkem srážkového stínu způsobujícího nižší srážky na východě a anomálním jihozápadním prouděním, ale také proto, že záporný SOI je obecně spojen s vyšším tlakem a stálejším počasím na severu. V létě (prosinec až únor) má vzduchové proudění větší západní složku. Tlakové níže se nacházejí více na jihu, což způsobuje vlhčí podmínky na jihu a západě a sušší podmínky na východě

(Gordon 1986).

Gordon také objevil zajímavý vztah mezi novozélandskými teplotami okolo března až května a SOI vyskytující se přibližně o 3 měsíce později. Podrobnějším studiem objevil, že je mezi těmito proměnnými poměrně silná kladná korelace. To znamená, že teplé (studené) podzimní teploty mají tendenci být následovány kladným (záporným) zimním SOI, což odpovídá zesílenému severovýchodnímu (jihozápadnímu) proudění nad Novým Zélandem pro březen až květen roku před příchodem události ENSO a se zeslabením (zesílením) západních větrů (Gordon 1986).

Díky tomu, že korelace teploty předchází SOI, novozélandské teploty můžou posloužit jako ukazatel následného vývoje SOI a tím i možné události El Niño. Gordon také podotýká, že současné korelace mezi SOI a různými složkami novozélandského počasí jsou velmi silné, takže můžou být používány při zhotovování sezónní předpovědi.

Gordonova studie přispěla mnoha novými poznatky k objasnění zákonitostí týkajících se proměnlivosti klimatu Nového Zélandu ve vztahu k Jižní Oscilaci a potvrdila některé předešlé hypotézy. Abych byl konkrétní, níže uvádím nejdůležitější z nich.

- Teploty zprůměrované přes celý Nový Zéland mají kladnou korelaci se SOI.
- Obecně záporné hodnoty SOI jsou spojeny s anomálním jihozápadním prouděním, chladnými podmínkami a podprůměrnými srážkami na severu a východě země.
- Sezónně je však proudění proměnlivé. V zimě převažuje více jižní složka a v létě více západní složka proudění, což ovlivňuje i zákonitosti počasí.
- Teplotní a srážkové korelace na různých místech v sobě odrážejí interakci rozličných směrů proudění a orografie.
- Novozélandská orografie zvýrazňuje prostorové odchylky v korelaci mezi anomálním prouděním a teplotně srážkovými poměry.

4.4 Přítok vody do jezer Nového Zélandu v závislosti na SOI

Závislost počasí Nového Zélandu na Jižní oscilaci je možné zkoumat i jinými přístupy než jen pomocí teplotních a srážkových dat. Dostatek horských ledovců, ledovcových jezer a divokých ledovcových řek nám také umožňuje zkoumat proměnlivost klimatu. Proměnlivost průtoku je totiž jakýmsi odrazem proměnlivosti

klimatu. Výsledky řady studií tvrdí, že pro regiony, kde Jižní oscilace ovlivňuje klima, některé sezónní proměnlivosti v říčním průtoku mohou být předpovídaný díky znalosti průběhu Jižní oscilace (McKerchar a kol. 1996).

McKerchar a Pearson objevili v roce 1994 významný vztah mezi SOI na jaře jižní polokoule (září až listopad) a letním odtokem v povodí Clutha River nacházejícím se v Jižních Alpách na jižním ostrově Nového Zélandu. V roce 1996 se pak touto závislostí McKerchar se svými kolegy zabývali podrobněji, a to na území hned několika povodí (Waitaki, Clutha and Waiau). Na těchto řekách se nacházejí jezera ledovcového původu, která mění svůj objem v závislosti na hodnotách přítoku. Výpar i vsak autoři ve své práci zanedbávají, kvůli jejich zanedbatelným hodnotám v porovnání s hodnotami přítoku.

Jak vyplývá z kapitoly 4.3, korelace srážek na západním pobřeží Nového Zélandu k indexu Jižní oscilace je poměrně nejasná (např. Gordon 1986). Srážky jsou na západě jižního ostrova ovlivněny zejména orografií a dalšími lokálními faktory. Silné srážky nad Jižními Alpami Nového Zélandu jsou hlavním zdrojem vodnosti novozélandských řek, avšak korelace těchto srážek se SOI je velmi slabá. Je proto také těžké očekávat významné korelace mezi SOI a přítokem do největších jezer jižního ostrova (McKerchar a kol. 1996).

Autoři nejdříve zkoumali souvislost průměrného ročního SOI s průměrným ročním přítokem do vybraných jezer, avšak žádná souvislost se nepotvrdila. Objevili ale silnou korelaci mezi jarním (září až listopad) SOI a letním (prosinec až únor) přítokem. Pravděpodobnost letního přítoku do horských jezer se ukazuje být významně nižší, když je SOI kladný (La Niña), než když je SOI neutrální či záporný (El Niño). Autoři se domnívají, že tomu tak je vlivem relativního nedostatku akumulace sněhu na jaře s La Niña podmínkami. Nižší akumulace totiž přirozeně vede k nižšímu tání v létě. K lepšímu pochopení této zákonitosti můžeme vycházet například z práce Gordona (1986) (viz kapitola 4.3). Gordon tvrdí, že záporné hodnoty SOI jsou spojeny s anomálním jihozápadním prouděním a chladnějšími podmínkami. Výzkumný tým kolem McKerchara se domnívá, že jarní měsíce, které mají kladný SOI, jsou méně ovlivňovány jihozápadním prouděním a teploty jsou vyšší než normálně. Tím pádem je pak i jarní akumulace sněhu nižší (obvykle do konce října). Snížení objemu sněhu tedy automaticky způsobí nižší průtoky v letním období (taje menší objem sněhu).

Ukázalo se, že tato závislost je více či méně platná na všech zkoumaných jezerech v jižní a střední části jižního ostrova a nemění se ani během celého

pozorovacího období 57 let.

Z výše uvedeného vyplývá, že při záporném SOI (El Niño podmínky) je přítok do jezer vyšší a při kladném SOI (La Niña podmínky) naopak vyšší. Pokud ale nahlédneme do původního článku (McKerchar a kol. 1996), objevíme v abstraktu naprosto opačné tvrzení. K rozklíčování tohoto rozporu jsem důkladně prověřil celou studii, jednotlivé grafy a tabulky a našel jsem závislost, kterou jsem již podrobněji popsal výše. Poněvadž jediné v abstraktu je závislost převrácená, domnívám se tedy, že došlo k překlepu. Níže uvádím překlad a) chybné věty a b) její korekci.

- a) Pravděpodobnost letního přítoku do horských jezer se ukazuje být významně **vyšší**, když je jarní SOI kladný (La Niña podmínky), než když je jarní SOI neutrální či záporný (El Niño podmínky).
- b) Pravděpodobnost letního přítoku do horských jezer se ukazuje být významně **nižší**, když je jarní SOI kladný (La Niña podmínky), než když je jarní SOI neutrální či záporný (El Niño podmínky).

Význam této studie je poměrně značný. Přítok ovlivňuje celkové množství zadržované vody v jezerech. Tato jezera slouží k napájení vodních elektráren, které produkují 43 % elektrické energie Nového Zélandu (McKerchar a kol. 1996). Maximální přítok do jezer se odehrává na jaře a v létě, kdežto poptávka po elektrické energii vrcholí v zimě, kdy se elektrina využívá na vytápění. Navíc Nový Zéland není (ani prakticky být nemůže) napojen na energetické zdroje jiných států, proto musí být využívání vody na výrobu energie dobře plánováno. Předpověď přítoku vody do jezer v závislosti na hodnotě SOI tak může mít obrovský ekonomický a ekologický význam.

4.5 Trans-Polar Index

Bylo by chybné domnívat se, že Southern Oscillation Index (SOI), založený na rozdílu atmosférických tlaků mezi Tahiti a Darwinem, je jediným ukazatelem tlakových variabilit na jižní polokouli. SOI je zřejmě tím nejznámějším, protože velmi dobře koreluje se změnami teplot mořské vody v rovníkovém Pacifiku a s jevem El Niño. Existují ale i jiné indexy, založené také na rozdílech atmosférických tlaků mezi dvěma či více stanicemi. Pro oblast vyšších zeměpisných šířek jižní polokoule se nejvíce používá takzvaný Trans-Polar Index (TPI).

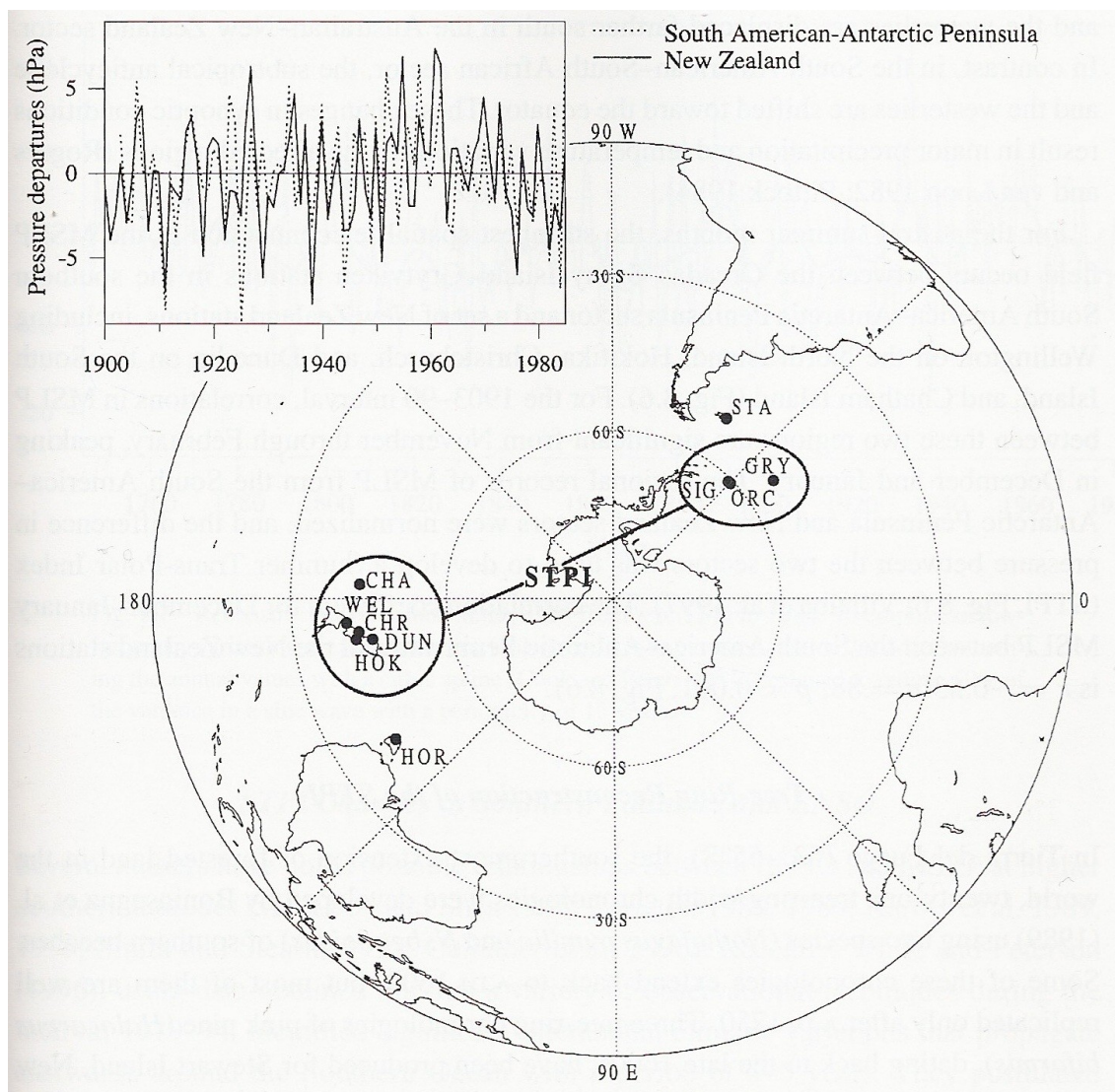
TPI je definován jako rozdíl atmosférického tlaku přepočítaného na hladinu moře mezi Hobartem (Tasmánie) a Port Stanley (Falklandy). TPI byl navržen Pittockem v roce 1980 za účelem měření výstřednosti cirkumpolárního víru (Diaz and Markgraf

2000). Když je cirkumpolární vír posunut, vůči své průměrné pozici, více k jihoamerickému a jihoatlantskému sektoru, TPI je kladný. To způsobuje, že subtropické anticyklony a západní větry jsou posunuty více na jih v australsko-zélandském sektoru, a naopak v jihoamerickém a jihoafrickém sektoru jsou subtropické anticyklony a západní větry posunuty více k rovníku. Tyto změny v synoptických podmínkách vedou k významným srážkovým a teplotním odchylkám v ovlivněných oblastech (Rogers and van Loon 1982; Pittock 1984 in Diaz and Markgraf 2000).

Stejně jako v případě Jižní oscilace bylo objeveno, že nejvíce (co se týče hodnoty atmosférického tlaku) spolu navzájem korelují stanice Tahiti a Darwin, tak v případě cirkumpolárního víru bylo objeveno, že nejlépe spolu korelují stanice v jihoamericko-antarktickém sektoru (Orkády, ostrov Signy na Jižních Orknejských a Grytviken na Jižní Georgii) a stanice na Novém Zélandu (Wellington, Hokitika, Christchurch, Dunedin a Chatham Island). Poloha stanic je znázorněna na obrázku 5.

V případě Jižní oscilace byly stanice Tahiti a Darwin použity k vytvoření SOI. V případě cirkumpolárního víru byly výše zmíněné stanice použity k vytvoření STPI (Summer Trans-Polar Index). Označení summer (letní) bylo použito z toho důvodu, že korelace tlaků mezi těmito dvěma regiony jsou silné zejména v létě jižní polokoule (listopad až únor) a vrcholí v prosinci a lednu. Stejně jako v případě SOI, i STPI je normalizovaný rozdíl tlaků mezi jednotlivými oblastmi (Diaz and Markgraf 2000).

STPI byl vytvořen v roce 1997, protože se ukázalo, že výběr stanic (Hobart a Stanley) pro „klasický“ TPI navržený Pittockem v roce 1980 není optimální. Výběr stanic pro STPI (jihoamericko-antarktický sektor a Nový Zéland) byl proveden díky korelační analýze záznamů atmosférických tlaků přepočítaných na hladinu moře z 50 stanic na jižní polokouli (Villalba a kol. 2001).



Obr. 5: Mapa jižní polokoule znázorňující polohu stanic použitých k vytvoření TPI (HOR = Hobart, STA = Stanley) a stanic, nacházejících se ve dvou sektorech, použitých k vytvoření STPI. Novozélandský sektor: WEL = Wellington, HOK = Hokitika, CHR = Christchurch, DUN = Dunedin, CHA = Chatham Island. Jihoamericko-Antarktický sektor: ORC = Orkány, SIG = ostrov Signy na Jižních Orknejích, GRY = Grytviken na Jižní Georgii. Porovnání průběhu tlaků mezi dvěma sektory STPI je znázorněno v levém horním rohu. K lepšímu vzájemnému porovnání byly tlakové odchylky v Jihoamericko-Antarktickém sektoru vynásobeny -1. (Diaz a Markgraf 2000).

4.5.1. Rekonstrukce STPI pomocí dendrochronologie

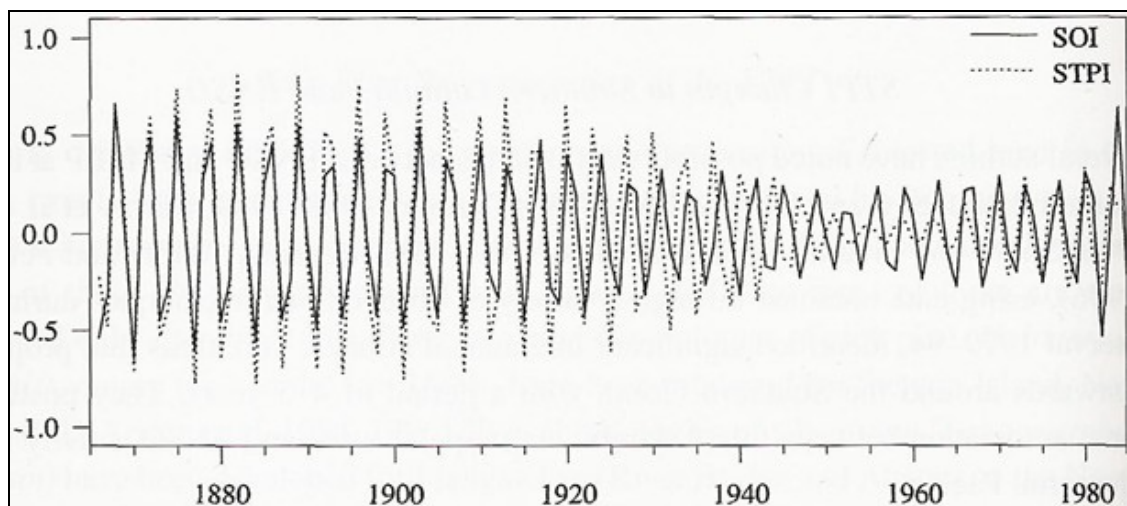
Abychom mohli předpovídat budoucí proměnlivost klimatu, nestačí znát pouze zákonitosti jednotlivých oscilací, ale musíme znát také jejich průběh v historii. Meteorologická a klimatologická data však nejsou vždy dostatečná či úplně chybí. Musíme pak přistoupit k určování klimatu v minulosti pomocí paleoklimatických záznamů, které můžou meteorologická data doplnit či nahradit. Jednou z nejběžnějších a

nejúčinnějších metod je v současnosti pravděpodobně dendrochronologie, a to zejména díky skutečnosti, že růst letokruhů velmi dobře reaguje na změny srážek. Obecně lze říci, že v sušších obdobích rostou stromy méně než ve vlhčích. To potvrzuje řada výzkumů. Je například dokázáno, že při událostech El Niño je nárůst stromů v oblasti Indonésie nižší než při La Niña podmínkách (Diaz and Markgraf 2000). To je právě způsobeno nižšími srážkovými úhrny v této oblasti při událostech El Niño.

Již v osmdesátých a devadesátých letech dvacátého století byla provedena řada dendrochronologických výzkumů v oblasti Nového Zélandu a byly tím vytvořeny poměrně dlouhé chronologické řady. Použití klimaticky citlivé sítě chronologií dohromady s odpovídajícími hodnotami atmosférického tlaku na druhé straně Antarktidy by mělo umožnit úspěšnou rekonstrukci gradientu trans-polárního tlaku. Z podrobnější analýzy vyšlo, že téměř polovina (49 %) změn růstu letokruhů v oblasti Nového Zélandu a Ohňové Země může být vysvětleno změnami STPI (Villalba a kol. 1997 in Diaz and Markgraf 2000). Právě díky vysoké korelaci mezi růstem stromů a odchylkami v STPI bylo těchto chronologií použito k rekonstrukci STPI. Tato rekonstrukce se ukazuje být velmi spolehlivá pro 20. stol., ale už o něco méně spolehlivá pro 19. stol. Rekonstrukce však obecně ukazuje na poměrně vysoký stupeň meziroční proměnlivosti STPI a zároveň na některé dlouhodobější trendy v gradientu trans-polárního tlaku.

Rekonstrukcí SOI a STPI několik desetiletí zpětně umožnilo, vzájemně porovnat zákonitosti Jižní oscilace a atmosférických procesů vyšších zeměpisných šířek. U STPI byla objevena významná perioda 3,4-3,5 let (Villalba a kol. 1997 in Diaz and Markgraf 2000), což se dobře shoduje s periodou 3,4 let určenou pro SOI (Mann and Park 1994 in Diaz and Markgraf 2000). Rekonstrukce STPI a SOI v období 1866-1984 vykazují souhlasný vrchol po 3,5 letech na 95% hladině spolehlivosti. Existují pak i delší periody, kde je vzájemný vztah poměrně vysoký. Vzájemný vývoj STPI a SOI však také ukazuje podobné změny amplitudy v čase, jak ukazuje graf na obrázku 6. Oba záznamy jsou charakteristické poklesem amplitudy od konce 19. století do 50. let 20. století., následované postupným růstem do 80. let. Překryv 3,4 letých oscilací SOI a STPI je větší během období s větší amplitudou (Diaz and Markgraf 2000). Díky těmto rekonstrukcím je pak možné určit intenzitu jednotlivých oscilací a jejich možné vzájemné ovlivnění.

Ovlivňuje tedy dlouhodobou proměnlivost klimatu Nového Zélandu spíše SOI



Obr. 6: Vývoj SOI a STPI s charakteristickou periodou 3,4 let a vzájemně korelovatelnou amplitudou (Diaz a Markgraf 2000)

nebo STPI? Je STPI ovlivněn Jižní oscilací nebo je tomu naopak? Osobně si myslím, že nejde nahlížet na jednotlivé oscilační systémy odděleně. Měli bychom chápat proměnlivost klimatu na naší planetě jako souhrn řady jevů, mezi kterými hrají globální oscilace (ENSO, NAO, STPI, PDO...) klíčovou roli. Dle mého názoru je těžké rozlišit, zda ENSO ovlivňuje STPI nebo naopak. Myslím si, že všechny oscilace mohou mít společnou (dosud neobjevenou) příčinu, která ovlivňuje každé místo naší planety. Tato místa spolu pak navzájem interagují a vytvářejí tak dokonalý koncert proměnlivosti klimatu.

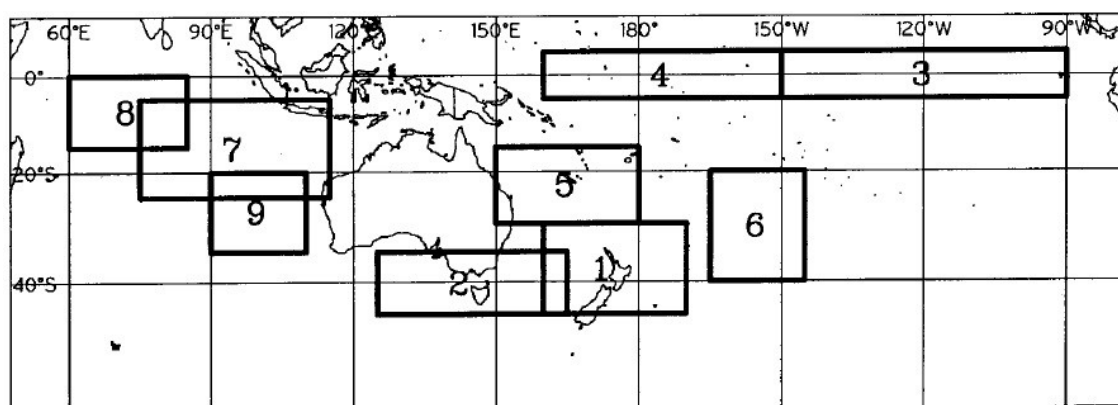
4.6 SST a její vliv na klima Nového Zélandu

Změny SST (Sea Surface Temperature), neboli teploty povrchové vrstvy vody, jsou jedním ze základních projevů ENSO procesů. Podle míry zvýšení teploty ve středním a východním Pacifiku se určuje intenzita jednotlivých událostí El Niño. Stejně tak jako se při ENSO procesech změny tlaku projevují téměř po celém světě, tak i ke změnám SST dochází na různých místech světového oceánu. Jak uvádím v kapitole 3.2, změny SST v určité části oceánu mají jasné dopady na počasí v přilehlé oblasti. Nový Zéland není výjimkou, proto změny teplot povrchové vrstvy vody v Tasmanově moři či v jihozápadním Pacifiku také ovlivňují počasí Nového Zélandu. Teplota mořské vody je silně navázána na atmosférické procesy, čímž nám pomáhá v odhalování souvislostí mezi SOI a počasím Nového Zélandu.

Vzájemnou souvislost mezi SST a teplotami Nového Zélandu se zabývali například Basher a Thompson (1996), kteří objevili, že teploty vzduchu nad povrchem

Nového Zélandu dobře korelují s teplotami okolní mořské vody, vyskytujícími se přibližně o dva týdny později (Basher and Thompson 1996 in Mullan 1998). Folland a Salinger (1995) došli k velmi obdobnému zjištění, že v ročním průměru nejlépe koreluje teplota vzduchu s hodnotami SST vyskytujícími se přibližně o jeden měsíc později (Folland and Salinger 1995 in Mullan 1998). Lze však říci, že jde o obecné tvrzení, které je platné na většině míst mírných a vyšších zeměpisných šířek. Opačná situace, kdy SST předchází teploty vzduchu je méně častá. Ukazuje se totiž, že to co určuje teplotu povrchové vrstvy vody kolem Nového Zélandu, jsou zejména atmosférické výkyvy (Mullan 1998). Daleko větší ovlivnění klimatu mírných šířek může mít ale paradoxně na svědomí změna SST v tropickém oceánu, než lokální změna SST v mírných zeměpisných šířkách, a to zejména proto, že změna SST v mírných šířkách nemá takový vliv na přiléhající atmosféru (např. Haney 1979 in Mullan 1998).

Mullan (1997) vymezil devět „SST klíčových regionů“, které mají vliv na teploty a srážky Nového Zélandu (viz obr. 7)



Obr. 7: SST klíčové regiony, které mají významnou korelaci s Novozélandskými teplotami a srážkami (Mullan 1998)

Regiony znázorněné na obrázku 7 dosahují významných korelací s teplotami a srážkami Nového Zélandu a jsou podrobněji popsány v Mullan (1997).

Podrobnějším studiem Mullan objevil, že z výše znázorněných regionů, regiony 2,7,8,9 (obrázek 7), velmi dobře korelují s teplotami Nového Zélandu a navíc změna SST předchází změně novozélandských teplot. To může být dobrým signálem k rozklíčování zákonitostí ovlivnění novozélandských teplot teplotami povrchové vrstvy vody ve vzdálenějších oblastech.

První zmíněnou oblastí je oblast západního Tasmanova moře a oblast jižně od Austrálie (oblast č. 2), kde k výrazné korelaci dochází v podzimních měsících (březen-květen). Vyšší SST v této oblasti v únoru, březnu a dubnu vedou ke zvýšení teplot na

severním ostrově následující měsíc (Mullan 1998). K přenosu tepla pak dochází pravděpodobně skrze atmosféru, poněvadž rychlost mořských proudů se ukazuje být nízká na přesunutí teplé vody k Novému Zélandu do jednoho měsíce. Avšak důvod výskytu tohoto jevu pouze na podzim není zatím objasněn.

Druhou oblastí s významnými korelacemi SST s novozélandskými teplotami je oblast Indického oceánu (klíčový region 7, 8 a 9). Teplejší Indický oceán na podzim je obvykle následován výskytem pásu tlakových výší (tzv. subtropical ridge) severně od severního ostrova v následující zimě. Poloha tohoto pásu pak způsobuje silnější západní proudění přes území Nového Zélandu, obecně vyšší teploty na jižním ostrově, více srážek na západě jižního ostrova a sušší podmínky ve zbytku země orientované na sever a východ (Drosdowski 1993a,c in Mullan 1998).

V obdobích, kdy je ENSO aktivita slabší se ukazuje být Indický oceán (a zejména odchylky v jeho SST) významným nástrojem k předpovídání proměnlivosti klimatu Nového Zélandu. Zároveň je kladen stále větší důraz na sezónní proměnlivost, protože se ukazuje, že pomocí analýzy sezónních korelací je obecně dosaženo lepších výsledků než při analýze ročních či měsíčních hodnot.

4.7 Shrnutí nejdůležitějších výzkumů

Výzkumy dopadů ENSO procesů v posledních přibližně dvaceti letech se shodují na tom, že počasí Nového Zélandu je těmito procesy ovlivněno. Počasí Nového Zélandu ovlivňují atmosférické i oceánské procesy spojené s ENSO i s dalšími jevy a to zejména těmi z Indického oceánu. Přičemž ovlivnění teplot je výrazně zřetelnější než ovlivnění srážek, a to zejména díky složité novozélandské orografii.

Obecně lze říci, že během událostí El Niño zesílí západní proudění, průměrné teploty Nového Zélandu jsou nižší, vyskytuje se více srážek na jihu a západě země, a naopak méně srážek na severu a východě. Zesílení západního proudění má řadu navazujících dopadů jako například zvýšení akumulace sněhu ve vrcholových částech Jižních Alp, a tím zvýšení letního průtoku ledovcových řek, nebo zvýraznění fénového efektu na závětrných svazích hor. ENSO procesy dobře korelují s mírou excentricity cirkumpolárního větru, jež má na počasí Nového Zélandu také nezanedbatelné dopady. Výše uvedené zákonitosti jsou platné v ročním průměru. Sezónní odchylky proudění, teplot a srážek vykazují ještě drobné odlišnosti (Gordon 1986).

Ukazuje se však, že hlavním hybatelem dlouhodobých kolísání klimatu Nového

Zélandu je pravděpodobně atmosféra v interakci se změnami SST tropického oceánu (Mullan 1998). Srážky a povrchové teploty v mimotropických oblastech jsou ovlivněny jednotlivými ENSO fázemi a odchylky v mimotropické cirkulaci jsou blíže korelovatelné s povrchovými teplotami vody tropického oceánu (Navarra 1999).

5 Korelace teplotních a srážkových dat se SOI

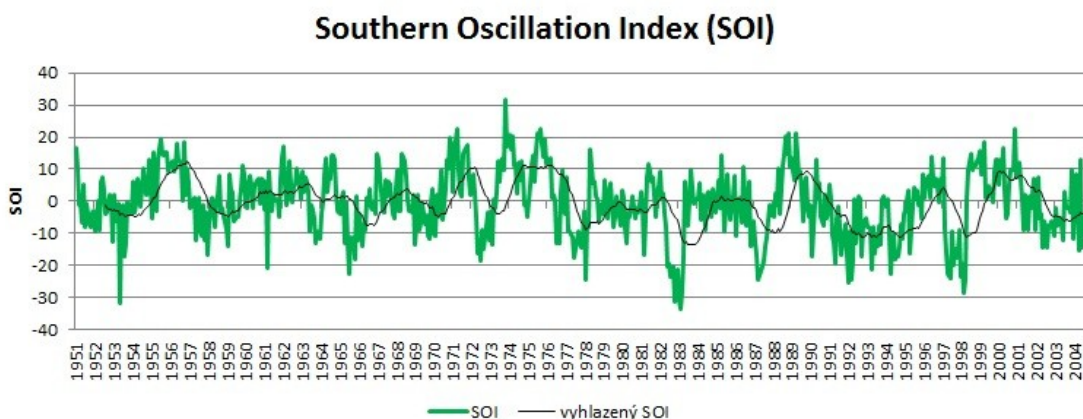
5.1 Cíle výzkumu

Jak je patrné z kapitoly 4, různí autoři určili dopad jevu El Niño na klima Nového Zélandu lehce odlišně. Výsledky jsou ovlivněny zejména rozdílnými metodami přístupu. Metod výzkumu a možností přístupu je celá řada a nelze jednoznačně říci, jaká metoda je nejlepší. Nalezneme jak komplexní výzkumy kombinující různé parametry ENSO procesů (SOI, SST...), tak i případové studie zaměřené na konkrétní charakteristiku na určitém místě.

Ve své analýze jsem se zaměřil na to, jak proměnlivost indexu Jižní oscilace (SOI viz kapitola 3.2.3) ovlivňuje základní meteorologické proměnné (teplotu a srážky) na vybraných stanicích Nového Zélandu. Má SOI vliv na zvýšení či snížení průměrných měsíčních teplot a srážek? Odehrává se při příchodu El Niña či La Niña nějaká výrazná změna teplot či srážek? Mají ENSO procesy klíčovou roli na utváření teplotních a srážkových poměrů Nového Zélandu, nebo jsou ovlivněny jinými faktory? Za účelem nalezení odpovědi na výše položené otázky jsem se rozhodl pro srovnání volně dostupných dat SOI a pozemních dat teplot a srážek a jejich vzájemnou korelaci.

5.2 Data a jejich zpracování

K vytvoření grafu vývoje SOI (viz obr. 8) jsem použil volně přístupná data ze stránek australské vlády – oddělení pro udržitelnost, životní prostředí, vodu, obyvatelstvo a sounáležitost. Graf značí vývoj indexu Jižní oscilace od roku 1950 do roku 2005.



Obr. 8: Vývoj indexu Jižní oscilace od roku 1950 do roku 2005 (vytvořeno podle dat poskytnutých australskou vládou <http://www.environment.gov.au>)

Zelená čára spojuje měsíční hodnoty indexu a tenká černá čára pak reprezentuje spojnicí trendu vytvořenou pomocí vyhlazovací funkce. Kladný index ukazuje na La Niña podmínky a záporný index na El Niño podmínky. Na grafu jsou tak dobře patrné například dvě události, které jsou obě označovány jako El Niño 20. století a to El Niño 1982/83 a El Niño 1997/98.

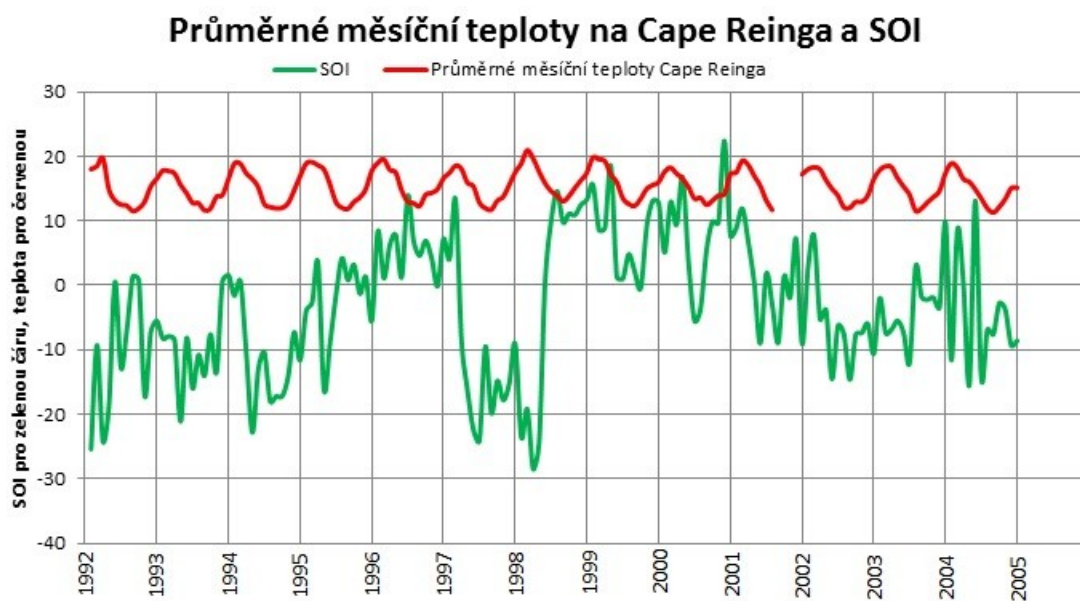
Nejvhodnější volně dostupná data teplot a srážek pro tuto studii jsem zajistil z National Climatic Data Center (NCDC). Toto centrum je spravováno americkou NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Pro lepší pochopení teplotních a srážkových variabilit v jednotlivých měsících jsem se rozhodl pro použití denních dat (GSOD - Global Summary of the Day). I přes velký počet stanic a relativně dlouhé pozorovací řady nejsou data kompletní a bezchybná. Před použitím dat bylo proto nezbytné provést výběr vhodných stanic s dostatečně dlouhou a kompletní datovou řadou. Následně bylo potřeba přepočítat stupně Farenheita na stupně Celsia a srážkové údaje z palců na milimetry. Poté bylo možné spojit data SOI s daty teplot a s daty srážek.

Obrázek 9 nám ukazuje polohu zvolených meteorologických stanic. Cape Reinga se nachází na nejsevernějším výběžku severního ostrova Nového Zélandu a je přímo otevřena vzduchovým hmotám od severu či severovýchodu. Naproti tomu Hokitika je stanice na západním pobřeží jižního ostrova Nového Zélandu. Hokitika se nachází na návětrné straně hor, je proto také dobře otevřená přicházejícím vzduchovým hmotám, avšak v této oblasti hraje významnější roli proudění západní až jihozápadní.

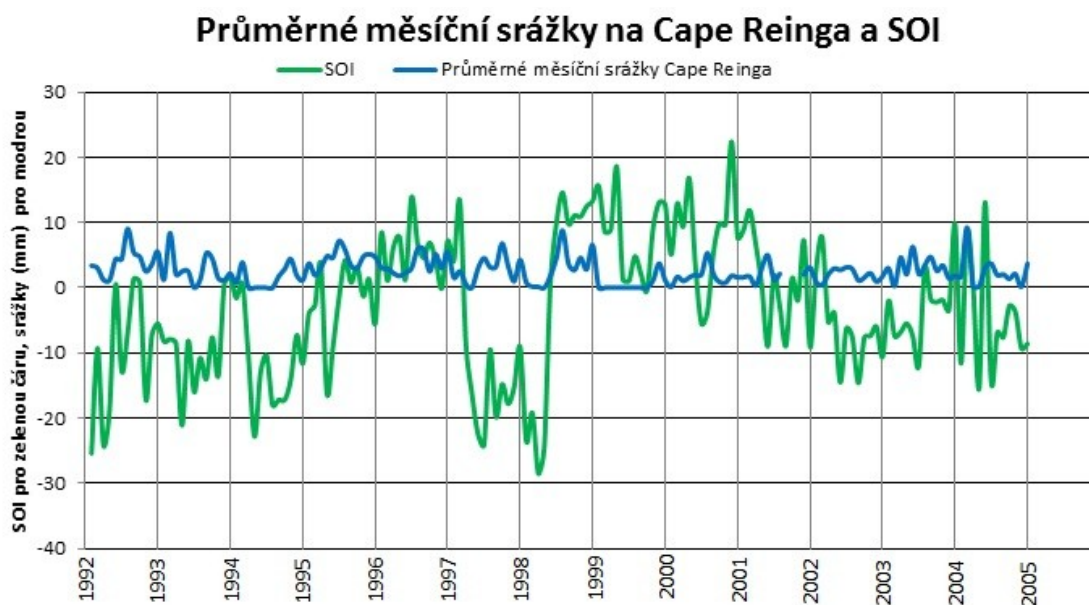


Obr. 9: Poloha meteorologických stanic použitých v této studii (vyznačeny červenými body)

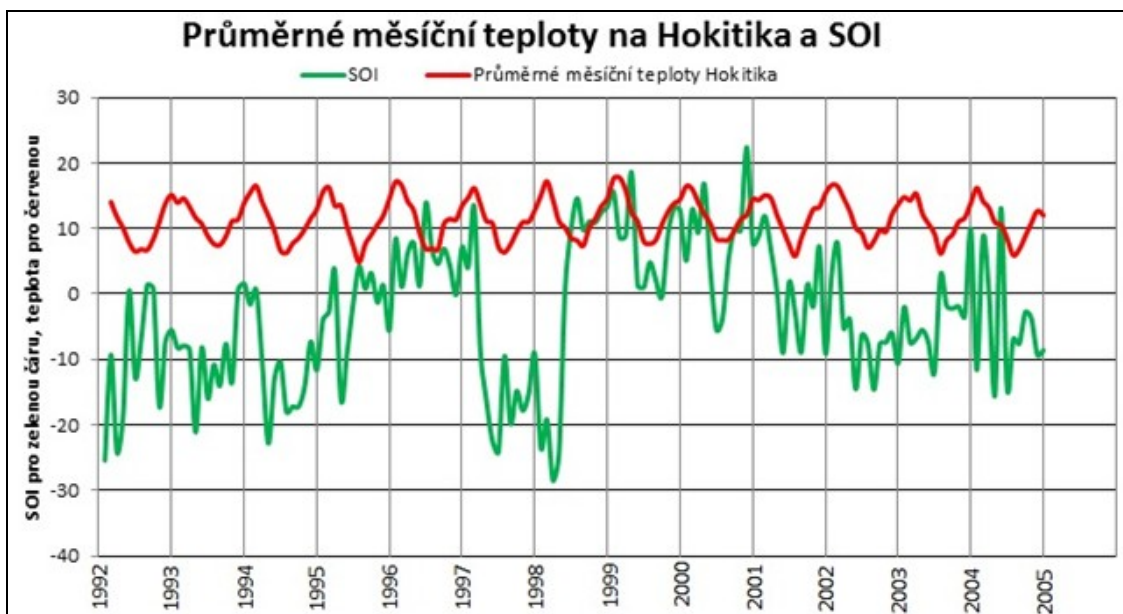
Pro dobrou názornost jsem zvolil vytvoření grafů z dat SOI a teplot každé stanice na jedné časové ose (obr. 10 a 12) a SOI a srážek každé stanice na ose druhé (obr. 11 a 13). Časové období jsem zvolil na roky 1992 až 2004 jakožto reprezentativní období s dostatečným množstvím dílčích El Niño (1993, 1994/95, 2002/03) i La Niña (1995/96, 1998/2001) událostí, a zároveň



Obr. 10: Vývoj průměrných měsíčních teplot na stanici Cape Reinga v porovnání se SOI v období 1992-2004 (data SOI z <http://www.environment.gov.au>, data teplot z <http://www7.ncdc.noaa.gov>)



Obr. 11: Vývoj průměrných měsíčních srážek na stanici Cape Reinga v porovnání se SOI v období 1992-2004 (data SOI z <http://www.environment.gov.au>, data srážek z <http://www7.ncdc.noaa.gov>)



Obr. 12: Vývoj průměrných měsíčních teplot na stanici Hokitika v porovnání se SOI v období 1992-2004 (data SOI z <http://www.environment.gov.au>, data teplot z <http://www7.ncdc.noaa.gov>)



Obr. 13: Vývoj průměrných měsíčních srážek na stanici Hokitika v porovnání se SOI v období 1992-2004 (data SOI z <http://www.environment.gov.au>, data srážek z <http://www7.ncdc.noaa.gov>)

s významným El Niño 1997/98 (nazýváno „druhé El Niño 20. Století“). Osa y je shodná jak pro SOI, tak pro zkoumané meteorologické proměnné, ukazuje tedy jednak hodnotu SOI (v případě zelené čáry) a zároveň průměrnou měsíční teplotu ve stupních Celsia (červená čára) a průměrné měsíční srážky v milimetrech (modrá čára). Jak již bylo zmíněno výše, data byla vybírána s přihlédnutím na jejich kompletnost, přesto však i na datech těchto dvou stanic se vyskytují drobné neúplnosti, či nejasnosti. Myslím zejména absenci dat teplot srpen-listopad 2001 pro Cape Reinga, která je vidět jako přerušení křivky teplot na obrázku 10. K malému přerušení datové řady došlo také v případě srážek stanice Cape Reinga (obr. 11), kde data chybí za období srpen až říjen 2011. Dále je třeba upozornit na relativně dlouhé období s nulovými srážkami od ledna do srpna 1999. Poněvadž jsou dlouhodobé nulové srážky v těchto oblastech vysoce nepravděpodobné a v obou datových řadách se vyskytují ve stejných obdobích, je téměř jisté, že se jedná o chybu. Samotná data ani metadata však vysvětlení této chyby neposkytují. U dat s nulovou hodnotou je pouze následující poznámka: „Srážková stanice nezaznamenala toho dne žádná srážková data a nezaznamenala ani žádné srážky ve svém hodinovém pozorování. Je však možné, že se srážky objevily, ale nebyly zaznamenány.“ Pro získání přesnějších dat by proto bylo nezbytné kontaktovat správce dat, či pořídit data placeně.

Průběh průměrných měsíčních teplot a srážek není upraven ani standardizován k dlouhodobému průměru, aby byla zachována čitelnost meziročních variabilit a průběh zkoumaných proměnných v čase.

5.3 Výsledky grafického porovnání teplot

Jak je vidět z obrázků 10 a 12, teplota na obou stanicích kolísá s ročním obdobím. Na stanici Cape Reinga je průměrný rozdíl mezi nejteplejším a nejchladnějším měsícem ve sledovaném období 7,1 °C, tato teplota se však v jednotlivých letech pohybuje, a to od 5,8 °C v roce 2000 (La Niña podmínky) po 8,2 °C v roce 1992 (El Niño podmínky). Na stanici Hokitika je průměrný rozdíl mezi nejteplejším a nejchladnějším měsícem ve sledovaném období 9,5 °C, přičemž nejnižší rozdíl nastal v roce 1993 (El Niño podmínky), a to 7,1 °C. Nejvyšší rozdíl 11,4 °C nastal v roce 1995 (El Niño podmínky).

Při pohledu na graf na obrázku 10 je dobře viditelná teplota nejteplejšího měsíce roku 1998. Jedině v tomto roce (z vybraných let) se průměrná teplota nejteplejšího měsíce dostala nad 20 °C. Konkrétně dosáhla 20,9 °C. V tomtéž roce (a zároveň i

ročním období) probíhalo zrovna extrémní El Niño, takzvané „druhé El Niño 20. století“ a SOI byl jeden z nejnižších v historii monitorování ENSO procesů. V roce 1999 se však průměrná teplota nejteplejšího měsíce dostala také poblíž 20 °C (19,8 °C) ale zmiňované „druhé El Niño 20. Století“ už bylo pryč a atmosféra i oceán se nacházeli v La Niña podmínkách.

Na stanici Hokitika pochází nejvyšší průměrná teplota nejteplejšího měsíce z roku 1999 (17,8 °C) a druhá nejvyšší (17,2 °C) z roku předchozího. Nejvyšší měsíční průměr na stanici Hokitika se tedy naopak od stanice Cape Reinga objevuje při La Niña podmínkách. Léto 1998 a léto 1999 jsou ale shodně na obou stanicích nejteplejšími léty ve sledovaném období.

5.4 Výsledky grafického porovnání srážek

Roční chod srážek na stanicích Cape Reinga a Hokitika je v dlouhodobém průměru poměrně vyrovnaný. To dokládají i grafy na obrázcích 11 a 13. Na stanici Cape Reinga je vidět lehce snížený srážkový úhrn v letních měsících (prosinec až únor), zatímco na stanici Hokitika srážky také kolísají, ale v dlouhodobém průměru jsou rozloženy rovnoměrně po celý rok.

Na stanici Cape Reinga byl ze sledovaného období nejdeštivější únor 2004, kdy byl průměrný denní úhrn srážek 9,2 mm. Únor 2004 nemůžeme zařadit mezi El Niño ani La Niña, protože index v tomto období hodně kolísal a nedržel se v záporných ani kladných hodnotách po několik měsíců, což je jedna z podmínek pro definování události ENSO. Srážky na stanici Cape Reinga jsou nižší než na stanici Hokitika, nulové hodnoty z roku 1999 u obou stanic, komentované v části 5.2 však ukazují na chybu dat. Reakce srážkových úhrnů na velikost SOI není z grafu patrná. Měsíce s nejvyššími úhrny se vyskytují nepravidelně bez zřejmé napojenosti na SOI.

Na stanici Hokitika byl ze sledovaného období nejdeštivější měsíc září 1995, kdy byl průměrný denní úhrn srážek 25,3 mm. Tato hodnota výrazně převyšuje ostatní měsíční průměry (2. nejvyšší hodnota je 16,7 mm ze srpna 1992). Ač v roce 1995 ještě doznívalo jedno z nejdelších El Niño v historii, v září 1995 již byla atmosféra i oceán v „normálních“ podmínkách a SOI byl blízko nule. „Normální“ ENSO podmínky však nemusí zákonitě znamenat „normální“ počasí na Novém Zélandu. Extrémní úhrny srážek v září (a částečně i v srpnu) 1995 způsobily na Jižním ostrově rozsáhlou povodeň, jejíž škody jsou vyčísleny na 27 592 223 Novozélandských dolarů (2004 NZ\$) (BTE 2001). Během extrémního El Niña 1997/98 kolísaly srážky obvyklým

způsobem a nedosahovaly žádných extrémů (žádné extrémní srážky ani žádná sucha).

5.5 Roční amplitudy teplot ve vztahu k SOI na Cape Reinga

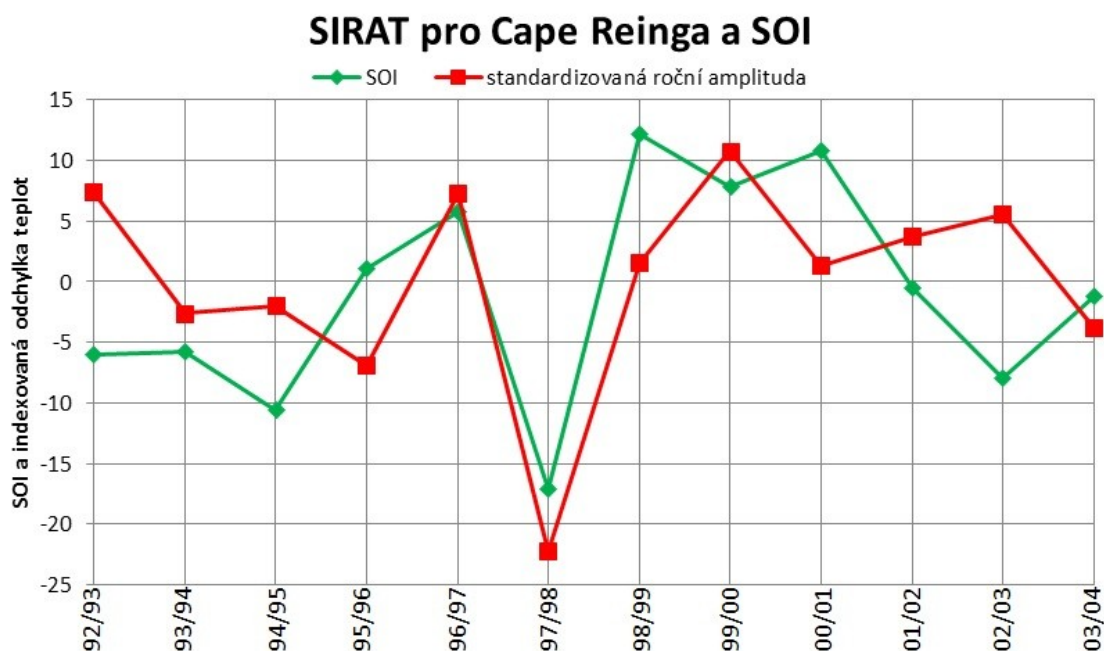
Jak bylo uvedeno v kapitole 5.3, na stanici Cape Reinga jsem zpozoroval určitou proměnlivost v roční amplitudě teplot. Nejnižší amplituda se vyskytovala za La Niña podmínek (5,8 °C v roce 2000) a nejvyšší za El Niño podmínek (8,2 °C v roce 1992). Jedná se o náhodu, nebo má SOI nějaký vliv na roční amplitudu teplot na severu severního ostrova Nového Zélandu? K zodpovězení této otázky je nezbytné podívat se podrobněji na rozdíly mezi nejteplejším a nejchladnějším měsícem. Už z obrázku 10 je patrné, že na přelomu roku 1997 a 1998 je roční amplituda poměrně vysoká. Právě na přelomu 1997 a 1998 probíhala vrcholná fáze extrémní ENSO události nazývané „druhé El Niño 20. Století“. Pokud se oprostíme od určování roční amplitudy pouze v jednom kalendářním roce a podíváme se na amplitudu mezi po sobě jdoucími léty a zimami, objevíme amplitudu ještě vyšší než v roce 2000. Rozdíl teplot mezi srpnem 1997 (nejchladnější měsíc roku 1997) a únorem 1998 (nejteplejší měsíc roku 1998) je dokonce 9,2 °C.

K určení závislosti mezi SOI a amplitudou teploty jsem spočítal rozdíl mezi teplotou nejteplejšího měsíce (leden nebo únor) a teplotou nejchladnějšího měsíce (červenec nebo srpen) roku předcházejícího. Pro stejné období jsem spočítal i průměrnou hodnotu SOI. Následně jsem teploty standardizoval pomocí určení odchylky od průměru. Standardizaci jsem provedl podle následujícího vztahu:

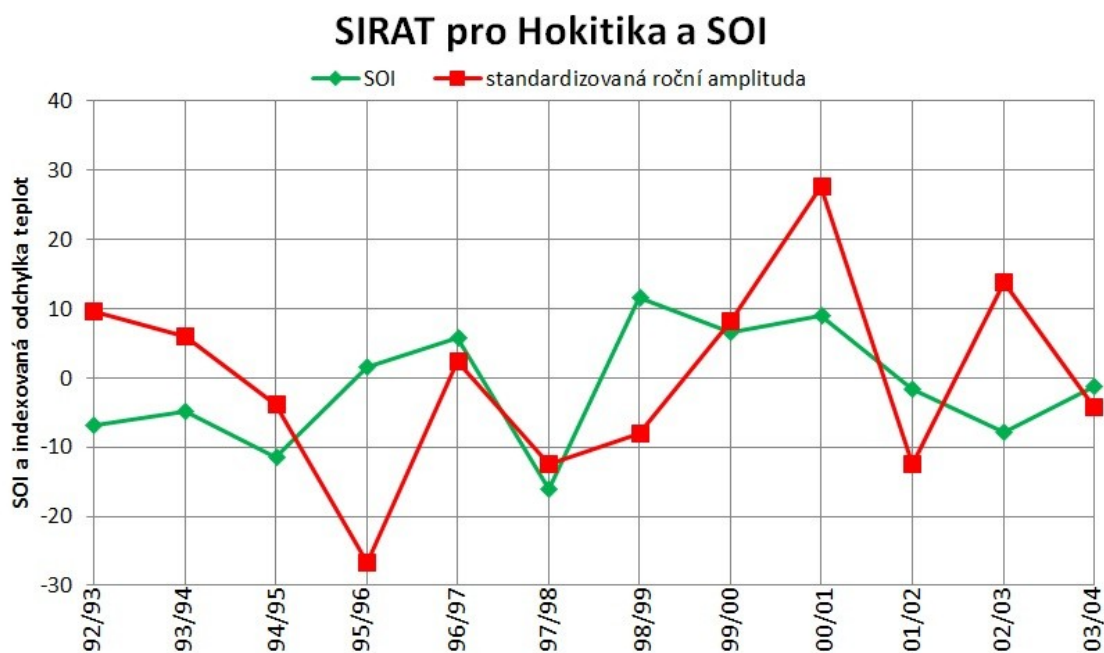
$$(\Delta T - (\sum \Delta T / 12)) * -10$$

Kde ΔT je rozdíl průměrné teploty nejteplejšího měsíce (leden či únor a výjimečně prosinec) a průměrné teploty nejchladnějšího měsíce předcházející zimy (červenec, či srpen a výjimečně červen). Takto standardizovaný index roční amplitudy teplot (dále jen SIRAT) nám udává, do jaké míry je roční teplotní amplituda konkrétního roku (přesněji přelomu roků) odlišná od roční teplotní amplitudy průměrné. Průběh SIRAT jsem vytvořil zvlášť pro každou ze dvou stanic a porovnal ho se zprůměrovaným SOI. Průběh SIRAT ze stanice Cape Reinga ve vztahu k SOI je znázorněn na obrázku 14. Průběh SIRAT ze stanice Hokitika ve vztahu k SOI je znázorněn na obrázku 15.

Čím je hodnota SIRAT vyšší, tím je roční amplituda teploty nižší a naopak. Například hodnota SIRAT na stanici Cape Reinga pro 1997/98 je -22,2, což znamená, že amplituda teploty tohoto roku je o 2,2 °C vyšší, než je průměrná amplituda celého



Obr. 14: Průběh standardizované amplitudy teplot na stanici Cape Reinga v porovnání se SOI v období 1992/1993 až 2003/2004 (zdroje data viz obr 10-13)



Obr. 15: Průběh standardizované amplitudy teplot na stanici Hokitika v porovnání se SOI v období 1992/1993 až 2003/2004 (zdroje data viz obr 10-13)

zkoumaného období. Toto převrácení jsem vytvořil za účelem lepší čitelnosti možných vzájemných souvislostí přímo z grafu.

Pro lepší ověření vzájemné závislosti jsem pak následně vypočítal korelační koeficienty. Hodnota korelačního koeficientu pro stanici Cape Reinga je 0,56 a pro

stanici Hokitika 0,19. Musíme si však uvědomit, že SIRAT je již počítán jako převrácená hodnota (díky lepšímu grafickému porovnání záporné korelace), proto, ač se jedná o zápornou korelaci, jsou hodnoty korelačního koeficientu kladné.

5.6 Diskuze výsledků a závěr

Kolísání průměrných měsíčních teplot na obou stanicích je ovlivněno zejména ročními obdobími. Ač je pozorovatelná určitá meziroční proměnlivost, změny maximálních a minimálních teplot nemají zjevnou pravidelnost a nekorelují s chodem SOI. Extrémy teplot nastávají v různých ENSO fázích a velikost SOI nemá zjevnou souvislost s intenzitou těchto extrémů.

Poněkud odlišné je to však s kolísáním roční amplitudy teploty v závislosti na změnách SOI. Jak je patrné z obrázku 14 a vypočítaného korelačního koeficientu, stanice Cape Reinga vykazuje poměrně vysokou korelaci roční amplitudy teploty s hodnotami SOI. Při událostech El Niño se zdá být roční amplituda teploty vyšší než při událostech La Niña. Z výsledků je zřejmé, že výrazný vliv na zvýšení amplitudy mělo zejména extrémní El Niño 1997/98. Menší události pak vykazují o něco nižší závislost. Právě intenzita El Niña může být klíčovým faktorem k ovlivnění klimatu v mírných zeměpisných šířkách.

Na stanici Hokitika můžeme do určité míry tento jev také pozorovat, ale korelace není zdaleka tak výrazná jako na stanici Cape Reinga. Všimněme si ale, že v sedmi obdobích z jedenácti roční amplituda teplot klesá (roste) při nárůstu (poklesu) SOI a pouze ve čtyřech případech jde opačným směrem. Celková korelace není pravděpodobně tak dobrá také z důvodu, že stanice Hokitika leží na úpatí Novozélandských Alp a je tak ovlivňována řadou dalších faktorů. Naproti tomu stanice Cape Reinga leží na nejsevernějším výběžku Nového Zélandu a v její blízkosti se nenalézají žádné horské masívy. Navíc právě Cape Reinga (nejsevernější bod Nového Zélandu) je místo, které je nejbližší dějišti ENSO procesů – tropickému Pacifiku.

Proměnlivost srážek je na sledovaných stanicích mnohem vyšší než proměnlivost teplot. Na stanici Hokitika není zřejmý žádný výrazný roční chod srážek a na stanici Cape Reinga je pozorovatelné nevýrazné minimum v letních měsících (prosinec až únor). Srážkové extrémy ani na jedné ze stanic nekorelují s významnými událostmi El Niño či La Niña. Souvislost však nelze naprosto vyloučit. Pro odhalení těchto zákonitostí by bylo potřeba zvolit ještě jiné metody výzkumu.

6 Závěr

El Niño je jev probíhající na naší planetě stovky a možná i tisíce let. Během těchto let měnilo El Niño svou intenzitu a klimatické dopady v různých zeměpisných šířkách byly v různé době bezesporu také odlišné. My, lidé jsme před přibližně 150 lety tento jev objevili a začali zkoumat jeho zákonitosti a dopady. Ač se vědcům podařilo mnoho otázek zodpovědět, nespočet dalších otázek na své zodpovězení čeká. Musíme si proto uvědomit, že El Niño je přirozený jev, který patří mezi základní klimatické procesy, a kdyby se člověk v budoucnu snažil tento jev ovlivnit, mohlo by dojít k destabilizaci přirozených procesů. Jediné, co můžeme v oblasti ENSO procesů dělat, je snažit se dospět ke stále většímu pochopení komplexního vztahu člověk-atmosféra-oceán-pevnina. V současné době je jednou z klíčových otázek, jak se projevuje na chodu ENSO procesů globální oteplování. Velikou výzvou do budoucnosti je také zpřesnění ENSO předpovědí a vytvoření včasných a účinných opatření, např. k zajištění bezpečnosti a zdraví lidí. To nebude možné do té doby, než dostatečně pochopíme vztahy mezi všemi oceány, jednotlivými atmosferickými cirkulacemi a pevninou.

Rozklíčování jednotlivých faktorů, podílejících se na proměnlivosti klimatu Nového Zélandu, je poněkud obtížnější díky složité orografii, silné cyklogenezi a blízkosti Tichého, Indického i Jižního oceánu. Přesto však vznikají stále nové a nové studie, které posouvají dopředu naši schopnost předpovídat počasí i proměnlivosti klimatu. Dle mého názoru však zůstanou klimatické vlivy a počasí vždy zahaleny určitým tajemstvím, které budou fascinovat lidi po celém světě.

7 Seznam použité literatury

- BTE, 2001: Costs of New Zealand Floods, Ministry for the environment New Zealand, dostupné online:(<http://www.mfe.govt.nz/publications/climate/economic-impacts-extreme-events-jul04/html/page4.html>)
- Diaz H.F., Markgraf V., Eds., 2000: El Niño and the Southern Oscillation. Multiscale variability and global and regional impacts. Cambridge Univ. Press, 496 pp.
- Glantz M.H., 2001: Currents of Change: Impacts of El Niño and La Niña on Climate and Society. 2. vydání, Cambridge Univ. Press, 252 pp.
- Gordon N.D., 1986: The Southern Oscillation and New Zealand Weather. Monthly Weather Review, 114, 371-387.
- Madl P., 2000: The El Niño ENSO phenomenon. Environmental Physics / Lettner, 437-503, dostupné online (http://biophysics.sbg.ac.at/atmo/el_nino.htm).
- McKerchar A.I., Pearson C.P., Moss M.E., 1996: Prediction of summer inflows to lakes in Southern Alps, New Zealand, using the spring Southern Oscillation Index. Journal of Hydrology, 184, 175-184.
- Mullan A.B., 1998: Southern hemisphere sea-surface temperatures and their contemporary and lag association with New Zealand temperature and precipitation. International Journal of Climatology, 18, 817-840.
- Navarra, A., 1999: Beyond El Niño: Decadal and interdecadal climate variability. Springer, 374 pp.
- Ropelewski C.F., Halpert M.S., 1987: Global and Regional Scale Precipitation Patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. Monthly Weather Review, 115, 1606-1626.
- Trenberth K.E., 1997: The definition of El Niño. Bulletin of the American Meteorological Society, 78, 2771-2777.
- Trenberth K.E., 2001: El Niño Southern Oscillation (ENSO). Encyclopedia of Ocean Sciences, 2, 815-827.
- Villalba R., Boninsegna J.A., Delgado S., 2001: Dendroclimatic Research in the South American Sector of the Southern Ocean: Indicators of Atmosphere-Ocean Climate Variability . The University of Texas Papers, 2001, 1-14.